جزوه جمع‌بندی درختی زیست گیاهی

شامل فصول ۶ و ۷ زیست دهم و ۸ و ۹ زیست یازدهم

«تهیه و تنظیم: دکتر اشکان هاشمی»

گفتار ۱

یاختهٔ گیاهی

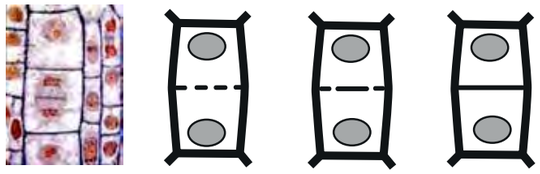
پروتوپلاست
- بخش زنده و دارای متابولیسم (سوخت‌وساز) یاخته می‌باشد.
- شامل غشا، سیتوپلاسم (میان‌یاخته) و هسته می‌باشد. ← (سیتوپلاسم مجموعهٔ ماده زمینه‌ای و اندامک‌های غشادار (به‌جز هسته) می‌باشد.)
- توسط دیواره احاطه شده است. ← هم‌ارز یاخته در جانوران می‌باشد.

دیوارهٔ یاخته‌ای
- در بافت‌های زنده، پروتوپلاست را در برمی‌گیرد ← ترکیب شیمیایی آن در یاخته‌های متفاوت در طول عمر گیاه تغییر می‌کند.

عملکرد دیواره
- حفظ شکل یاخته
- استحکام یاخته ← استحکام پیکر گیاه
- واپایش تبادل مواد بین یاخته‌ها در گیاه
- جلوگیری از ورود عوامل بیماری‌زا

ساختار و انواع دیواره‌ها

تیغهٔ میانی
- یک لایه مشترک بین دو یاخته تقسیم شده می‌باشد.
- اولین لایه دیواره است که پس از تقسیم هسته ایجاد می‌شود ← قدیمی‌ترین دیواره است.
- سیتوپلاسم یاخته را به دو بخش تقسیم می‌کند. این دیواره در ابتدای ساخت در تماس با غشا می‌باشد.
- از پلی‌ساکاریدی به نام **پکتین** ساخته شده است.
- پکتین مانند چسب دو یاخته را کنار هم قرار می‌دهد که درون ریزکیسه‌های غشادار قرار دارند.
- به صورت ریزکیسه‌هایی منفذدار توسط شبکهٔ **گلژی** یاختهٔ اولیه ایجاد می‌شود ← به تدریج تعداد منافذ تیغهٔ میانی کاهش می‌یابد.



«تشکیل تیغهٔ میانی»

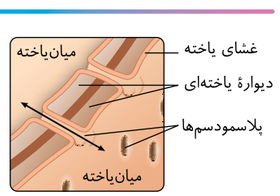
دیوارهٔ نخستین
- به صورت یک یا چند لایه توسط **پروتوپلاست** هر یاخته ساخته می‌شود.
- به سمت داخل یاخته ساخته می‌شود ← از خارج به تیغهٔ میانی متصل می‌باشد.
- رشته‌های **سلولز** دارد که در زمینه‌ای از پروتئین‌ها و انواعی از پلی‌ساکاریدهای غیررشته‌ای قرار می‌گیرد.
- ابتدا پروتوپلاست را در برمی‌گیرد ولی به دلیل **کشش** و **گسترش**، مانع رشد یاخته نمی‌شود.
- اندازه آن با افزایش رشد پروتوپلاست و اضافه شدن ترکیبات دیواره، زیاد می‌شود.
- در بافت کلانشیم، از همه ضخیم‌تر است.

دیوارهٔ پسین
- در برخی یاخته‌ها توسط پروتوپلاست و به سمت داخل دیوارهٔ نخستین ساخته می‌شود.
- **چند لایه‌ای** می‌باشد ← تا وقتی یاخته زنده است از داخل به غشای یاخته نزدیک می‌باشد.
- رشته‌های **سلولزی** دارد که جهت رشته‌ها در هر لایه به صورت موازی است.
- جهت رشته‌های سلولزی هر لایه با لایه دیگر متفاوت است ← این ویژگی سبب استحکام و تراکم زیاد آن می‌شود.
- رشد یاخته پس از تشکیل آن‌ها متوقف می‌شود.
- در بافت اسکلرانشیم و آوند چوبی، حاوی ترکیبات لیگنینی شده و استحکامی می‌شود.

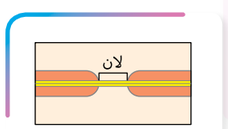
- هرچه دیواره‌سازی بیشتر شود ← تیغهٔ میانی از پروتوپلاست دورتر می‌شود.

ارتباط دیواره‌ای بین یاخته‌ای

پلاسمودسم
- کانال‌هایی سیتوپلاسمی می‌باشند که مخصوص یاخته‌های **زنده** هستند.
- مواد مغذی و سایر ترکیبات از یاخته‌ای به یاختهٔ دیگر می‌روند.
- در انتقال مواد اسیدی C_3 و C_4 بین یاختهٔ میانبرگ و غلاف آوندی گیاهان C_4 مؤثر است.
- در انتقال مواد به روش سیمپلاستی در عرض ریشه مؤثر است.
- با میکروسکوپ **الکترونی** دیده می‌شوند.



لان‌ها
- منطقه‌ای است که دیوارهٔ یاخته در آن **نازک** مانده است.
- دیوارهٔ دوم در محل لان تشکیل نمی‌شود. ← در محل لان لیگنینی شدن رخ نمی‌دهد.
- در بافت زنده حاوی تعداد زیادی پلاسمودسم می‌باشد.



- پلاسمودسم‌ها و لان‌ها در هنگام تشکیل دیوارهٔ جدید پایه‌گذاری می‌شوند.

- **تغییرات دیواره**
  - **چوبی شدن (لیگنینی شدن)**
    - ترکیب شیمیایی دیوارهٔ یاخته متناسب با کاری است که انجام می‌دهد ← طی طول عمر یاخته فرق می‌کند.
    - در دیوارهٔ آوند چوبی و بافت اسکلرانشیم صورت می‌گیرد. ← سدی برای جلوگیری از ورود مواد بیگانه به گیاه می‌باشد.
    - پروتوپلاست یاخته‌ها، لیگنین به دیواره ترشح می‌کند.
    - استحکام دیواره را زیاد می‌کند.
    - سبب ارتفاع و استحکام زیاد تنهٔ گیاه می‌شود. ← دیوارهٔ محصولات کامبیوم آوندی به سمت داخل (*آوند چوبی*) را تغییر می‌دهد.
    - در سامانه‌های زمینه‌ای (*اسکلرانشیم*) و آوندی (*چوبی*) مشاهده می‌شود.
  - **کانی شدن**
    - اضافه شدن ترکیبات **معدنی** به دیواره می‌باشد. ← همانند لیگنینی شدن و چوب‌پنبه‌ای شدن، تلاش برای جلوگیری از ورود مواد بیگانه به گیاه می‌کند.
    - در برگ گندم، سیلیس به دیوارهٔ یاخته‌های سطحی اضافه می‌شود.
    - سبب **زبری** برگ گندم می‌شود.
  - **ژله‌ای شدن**
    - در اثر جذب آب توسط پکتین تیغهٔ میانی ایجاد می‌شود.
    - پکتین گیاه در برخی سبب ایجاد ژله یا لعاب می‌شود.
    - در دانهٔ به و تخم شربتی، ژله یا لعاب آن از خیساندن دانه در آب ایجاد می‌شود.
    - در رسیدن میوهٔ نارس و جدا کردن گرده‌های نارس از همدیگر نقش دارد.
  - **کوتینی شدن (چوب‌پنبه‌ای شدن)**
    - اضافه شدن نوعی ترکیبات لیپیدی به دیواره می‌باشد.
    - سبب کاهش از دست دادن آب و ورود عوامل بیماری‌زا به گیاه می‌شود.
    - در پوستک روی روپوست اندام‌های هوایی دیده می‌شود ← پوستک
      - ترکیبات لیپیدی فاقد یاخته می‌باشد.
      - نسبت به آب نفوذناپذیر است.
      - از ورود نیش حشرات و عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کند.
    - محصولات کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز به سمت خارج، پس از مدتی چوب‌پنبه‌ای می‌شوند ← در لایه‌ای آن‌ها عدسک به وجود می‌آید که جزء پیراپوست درخت می‌باشد.
    - در دیواره‌های جانبی هر یاختهٔ آندودرم ریشهٔ نهاندانگان به صورت لایهٔ سوبرینی یا نوار کاسپاری وجود دارد.
    - در اندام‌های مسن، علاوه بر حفظ آب، مانعی در برابر عوامل آسیب‌رسان می‌باشد.
    - در اطراف جوانه یا یاخته‌هایی از شاخه قرار می‌گیرد که برگ آن جدا شده است ← جوانه را در مقابل عوامل محیطی مقاوم می‌کند.

کریچه (واکوئل)

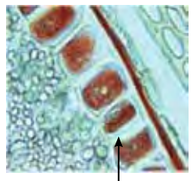
- اندامکی تک‌غشایی در سیتوپلاسم یاخته‌های گیاهی برای **ذخیرهٔ مواد** می‌باشد.
- درون آن مایعی به نام شیرهٔ کریچه‌ای دارد
  - آب و مواد دیگر دارد.
  - مقدار و ترکیب آن در بافت‌های مختلف یک گیاه و بین گیاهان مختلف، متفاوت می‌باشد.
- وقتی آب محیط زیاد باشد ← کریچهٔ درشت برخی یاخته‌ها آب جذب می‌کنند ← پروتوپلاست آن‌ها به دیواره می‌چسبد ← دیوارهٔ یاخته تا حدی کشیده می‌شود ولی پاره نمی‌شود ← یاخته دچار تورژسانس (*تورم*) می‌شود.
- تورژسانس بافت‌ها در اندام‌های **غیرچوبی** (*برگ و ساقهٔ علفی*) ← سبب استواری آن اندام‌ها می‌شود.
- کمبود آب محیط ← کاهش حجم کریچه ← جمع شدن پروتوپلاست ← افزایش فاصلهٔ دیواره از غشا ← پلاسمولیز یاخته
- اگر پلاسمولیز طولانی مدت باشد ← پژمردگی گیاه ایجاد می‌شود ← حتی با آبیاری نیز رفع نمی‌شود ← مرگ یاخته‌ها ← مرگ گیاه

مواد مختلف درون شیرهٔ کریچه‌ها

- آب
  - در غشای کریچه‌ها، پروتئین تسهیل‌کنندهٔ اختصاصی برای عبور آب وجود دارد.
  - تنظیم حجم یاخته را انجام می‌دهد.
  - می‌تواند از غشای پروتوپلاست و کریچه، آزادانه و بدون صرف انرژی عبور کند.

موادی که در گیاه ساخته می‌شوند

- ترکیبات رنگی
  - آنتوسیانین‌ها
    - **یکی** از ترکیبات رنگی کریچه‌هاست.
    - در کریچه‌ها **ذخیره** می‌شوند.
    - رنگ آن‌ها در *pH*های مختلف، متفاوت می‌باشد.
    - در ریشهٔ چغندر قند قرمز، کلم بنفش و پرتقال توسرخ به فراوانی وجود دارد.
    - نقش پاداکسندگی ضدسرطان دارند ← مانع اثر رادیکال‌های آزاد راکیزه بر مولکول‌های زیستی می‌شوند.



«یاخته‌هایی که گلوتن در کُریچهٔ آن‌ها ذخیره شده است.»

- پروتئین
  - گلوتن
    - یکی از پروتئین‌های درون کریچه است که در ریبوزوم روی شبکهٔ آندوپلاسمی تولید می‌شود.
    - در بذر گندم و جو ذخیره می‌شود ← هنگام رویش بذر برای رشد و نمو رویان مصرف می‌شود.
    - در خارجی‌ترین لایهٔ آندوسپرم دانهٔ غلات وجود دارد که به هورمون جیبرلین حساس است.
    - ارزش غذایی دارد ← برخی به آن حساسیت دارد ← بیماری سلیاک می‌دهد
      - یاختهٔ پرز و ریزپرزهای رودهٔ آن‌ها تخریب می‌شود.
      - سطح جذب غذا کم می‌شود.
      - تشخیص قطعی آن با انجام آزمایشات پزشکی است.
      - حساسیت به آن سبب اختلال در رشد و مشکل سلامتی می‌شود.
- ترکیبات اسیدی

رنگ‌ها در گیاهان

- **رنگ‌های کریچه‌ای**
  - مثل آنتوسیانین‌ها
  - پاداکسنده در پیشگیری از سرطان و بهبود کار مغز دارد.
- **رنگ‌های درون پلاست‌ها (دیسه‌ها)**
  - رنگ زرد یا نارنجی ریشهٔ هویج و قرمز میوهٔ گوجه‌فرنگی در نتیجهٔ رنگیزهٔ کاروتنوئیدی این اندامک‌هاست.
  - دیسه (*پلاست*) اندامکی **دوغشایی** در سیتوپلاسم است که انواع متفاوتی دارد
    - کلروپلاست (*سبزدیسه*)
      - حاوی دنای حلقوی، دو غشای صاف، همانندسازی، رونویسی و ترجمه می‌باشد.
      - محل انجام واکنش‌های فتوسنتزی و شروع تنفس نوری می‌باشد.
      - سبزینهٔ زیادی دارد و علت رنگ سبز گیاهان است.
      - کمی کاروتنوئید هم دارند که توسط سبزینه پوشیده شده است.
    - کروموپلاست (*رنگ‌دیسه*) ← رنگیزهٔ کاروتنوئید ذخیره‌ای دارد
      - ریشهٔ هویج ← کاروتن نارنجی دارد.
      - برخی گلبرگ‌ها ← گزانتوفیل زرد دارند.
      - میوهٔ رسیدهٔ گوجه‌فرنگی ← لیکوپن قرمز دارد.
      - ترکیبات پاداکسنده ضد سرطان دارد ← مانع حملهٔ رادیکال‌های آزاد به مولکول‌های زیستی می‌شوند.
    - بدون رنگیزه ← آمیلوپلاست (*نشاسته‌دیسه*) ← ذخیره نشاسته زیادی در یاخته‌های بخش خوراکی غدهٔ سیب‌زمینی دارند.
  - هنگام رشد جوانهٔ سیب‌زمینی ← افزایش مصرف ذخیره نشاسته ← شروع رشد جوانه و ایجاد پایه‌های جدید از غده یا ساقهٔ زیرزمینی
  - کاهش طول روز در پاییز ← کم شدن نور ← تجزیهٔ سبزینه در برگ و افزایش کاروتنوئیدها ← سبب تبدیل کلروپلاست به کروموپلاست می‌شود.
- برگ‌هایی که علاوه بر سبز، رنگ‌های دیگر نیز دارند ← در اثر کاهش نور ← مساحت بخش سبز آن‌ها زیاد می‌شود.

گفتار ۲

ترکیبات دیگر گیاهی

ترکیبات غیرمصرف غذایی
- تولید رنگ برای رنگ‌آمیزی الیاف فرش
- شیرابهٔ سفید میوه و دمبرگ انجیر (روناس) ← لاستیک‌سازی از ترکیبات متفاوت شیرابهٔ نوعی درخت می‌باشد.
- این رنگ‌ها در روناس، نعنا و گل محمدی وجود دارند.

ترکیبات دفاعی
- آلکالوئیدها
  - از ترکیبات گیاهی هستند که در شیرابهٔ برخی گیاهان فراوانند.
  - ساخت داروهای مسکن، آرامش‌بخش و ضد سرطان + ترکیبات دفاعی
  - برخی اعتیادآورند (شیرابهٔ خشخاش)
  - در دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران مؤثر است.
  - نیکوتین از آلکالوئیدهاست که سبب دور کردن گیاه‌خواران می‌شود.

بافت
مجموعه یاخته‌های مشابه و یکسان می‌باشد. (پارانشیم، مریستم، کلرنشیم، اسکلرانشیم و بافت آوندی)

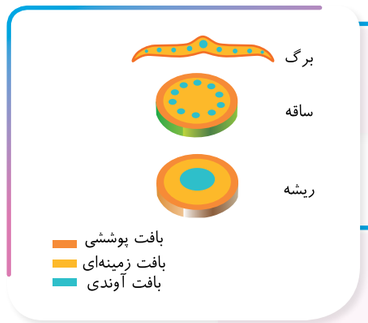
سامانهٔ بافتی
- مجموعه چند نوع بافت و یاخته‌های گوناگون با کار متفاوت می‌باشند. (سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی)
- هر سامانهٔ بافتی عملکرد خاصی دارد ولی بافت‌های متفاوت با کار متفاوت دارند.

انواع سامانه‌های بافتی در بخش‌های رویشی گیاه آوندی

پوششی
- در اندام جوان ← روپوست نامیده می‌شود.
- در اندام مسن ← پیراپوست (پریدرم) نامیده می‌شود.
- اندام‌های رویشی را از خطرهای محیطی حفظ می‌کند.

زمینه‌ای
- بین سامانهٔ پوششی و آوندی قرار دارد.
- بافت‌های پارانشیم، کلانشیم و اسکلرانشیم دارد.
- مجموعهٔ پوست و مغز را در ریشه و ساقه و میانبرگ را در برگ‌ها ایجاد می‌کند.

آوندی
- ترابری مواد را در گیاه برعهده دارد.
- آوند چوبی مرده و آوند آبکش زنده دارد.
- یاخته‌های فیبری، پارانشیمی (نرم‌آکنه‌ای) و آوندی دارد.
- در ریشه به صورت متمرکز ولی در برگ و ساقه، به صورت پراکنده در سامانهٔ زمینه‌ای است.



تکات سامانه‌های بافتی در گیاه آوندی

سامانهٔ بافت پوششی

۱) سراسر اندام گیاه را می‌پوشاند.
۲) همانند پوست جانوران نقش دفاعی دارد و به عنوان سد اول دفاعی می‌باشد.
۳) در برگ، ریشه‌ها و ساقه‌های **جوان**، روپوست نامیده می‌شود که معمولاً یک‌لایه‌ای است.
۴) در اندام‌های مسن پیراپوست (*پریدرم*) نامیده می‌شود که بافتی چوب‌پنبه‌ای است.
۵) پوستک، لیپیدی روی روپوست اندام‌های هوایی، سبب کاهش تبخیر آب می‌شود.

۶) نکات روپوست:
- سبب کاهش تبخیر آب از اندام‌های **هوایی** گیاه می‌شود.
- لایه‌ای از جنس کوتین لیپیدی در روی خود در اندام‌های هوایی دارد که پوستک نامیده می‌شود.
- پوستک نسبت به آب نفوذناپذیر است.
- پوستک توسط اندامک‌های یاخته‌های روپوستی تولید شده و به سطح بیرونی در مجاور هوا ترشح می‌شود.
- پوستک از نفوذ عوامل بیگانه جلوگیری کرده و سبب حفظ گیاه در مقابل سرما می‌شود.
- گیاهان مناطق خشک پوستک ضخیم دارند (*مثل خرزهره، کاکتوس و آلوئه‌ورا*)

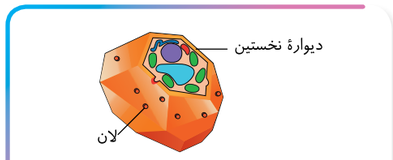
۷) یاخته‌های روپوستی:
- در اندام‌های هوایی:
  - نگهبان روزنه:
    - کلروپلاست‌دار است ← دو دیواره با ضخامت نابرابر دارد.
    - در بین دو نگهبان مجاور، روزنهٔ هوایی وجود دارد.
  - کرک ← کاهش تبخیر آب می‌دهد و کلروپلاست ندارد.
  - یاختهٔ ترشحی به ترشح مواد دفاعی، محافظ و ... می‌پردازد.
- در ریشه:
  - تار کشنده دارد ولی نگهبان روزنه، کرک و پوستک ندارد.
  - هر تار کشنده، یک یاختهٔ روپوستی طویل در ریشه می‌باشد.

سامانهٔ بافت زمینه‌ای

فضای بین روپوست و بافت آوندی را پر می‌کند.

پارانشیم (نرم‌آکنه‌ای)

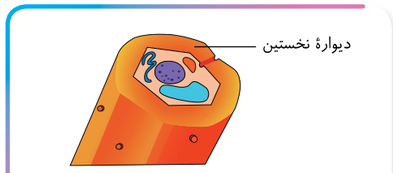
۱) رایج‌ترین بافت در سامانهٔ زمینه‌ای است.
۲) دیوارهٔ نخستین نازک غیرچوبی دارد. ← دیوارهٔ نخستین پروتوپلاست را دربر گرفته است.
۳) به آب نفوذپذیر است و فاقد دیوارهٔ پسین می‌باشد.
۴) در زخم بافتی قدرت تقسیم و ترمیم دارد.
۵) ذخیرهٔ مواد و فتوسنتز می‌کند.
۶) نوع کلروفیل‌دار در برگ‌ها زیاد است. ← به صورت نرده‌ای یا اسفنجی در میانبرگ به فتوسنتز می‌پردازد.
۷) لان دارد و دارای سوخت‌وساز می‌باشد.
۸) در اندوختهٔ (*آندوسپرم*) دانهٔ نهاندانگان، حاوی یاخته‌های تریپلوئید می‌باشد.
۹) در گیاهان آبزی، فاصلهٔ بین‌یاخته‌ای زیاد و پرهوا برای تنفس یاخته‌ای دارند (*مانند ریشهٔ درختان حرا*).



«ترسیمی از یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای»

کلانشیم (چسب‌آکنه‌ای)

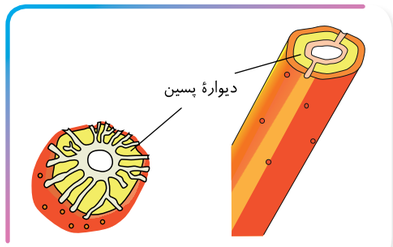
۱) یاخته‌هایی بدون دیوارهٔ پسین دارند که به نام یاختهٔ کلانشیمی می‌باشد.
۲) دیوارهٔ نخستین ضخیم دارند ← استحکامی است ولی لیگنینی نمی‌شود.
۳) استحکام دارد ولی انعطاف‌پذیر است.
۴) مانع رشد گیاه نمی‌شود.
۵) معمولاً زیر **روپوست** هستند.
۶) اندامک و سوخت‌وساز دارند.



«ترسیمی از یاختهٔ چسب‌آکنه‌ای»

اسکلرانشیم (سخت‌آکنه‌ای)

۱) یاخته‌هایی با نام اسکلرانشیمی دارند که دو نوع اسکلرئید و فیبر می‌باشند.
۲) دیوارهٔ پسین ضخیم چوبی دارند. ← چوبی شدن، **اغلب** سبب مرگ پروتوپلاست می‌شود.
۳) در حالت زنده، دیوارهٔ پسین آن‌ها، پروتوپلاست را دربر گرفته است.
۴) همانند یاختهٔ کلانشیمی استحکام دارند ولی برخلاف آن‌ها انعطاف‌پذیر نیستند.
۵) یاختهٔ اسکلرئید کوتاه‌تر و لان‌دار می‌باشد.
۶) یاختهٔ فیبری آن‌ها دراز و لان‌دار می‌باشد.
۷) فیبر در تولید طناب و پارچه استفاده می‌شود.
۸) ذره‌های سخت میوهٔ گلابی، مجموعه‌ای از یاخته‌های اسکلرئیدی است.
۹) اغلب آن‌ها در حالت بلوغ مرده‌اند و فاقد اندامک و متابولیسم می‌باشند.



«ترسیمی از اسکلرئید»

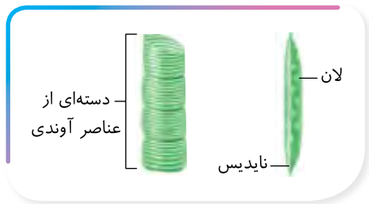
سامانهٔ بافت آوندی

- ترابری مواد معدنی (*شیرهٔ خام*) و آلی (*شیرهٔ پرورده*) را در گیاه برعهده دارد که در هر اندام رویشی و زایشی وجود دارد.
- از دو بافت آوندی چوبی و آبکش به وجود آمده است.
- هر بافت آوندی، یاخته‌های اصلی آوندی به همراه یاخته‌های پارانشیمی و فیبرهای اسکلرانشیمی وجود دارد.

اجتماع یاخته‌های اصلی بافت آوندی

آوندهای چوبی

- یاخته‌های مرده به دنبال همدیگر هستند.
- فقط دیوارهٔ چوبی آن‌ها باقی مانده است.
- لیگنین به شکل‌های مختلف در دیوارهٔ این یاخته‌ها وجود دارد.
- دو نوع یاختهٔ تراکئید (*تراکیدها*) و عنصر آوندی دارند.
- یاختهٔ نایدیس (*تراکئید*) دوکی مرده دارند. ← آوند حاصل از آن‌ها لولهٔ پیوسته نیست و دیوارهٔ عرضی بین‌یاخته‌ای دارد.
- یاخته‌های عنصر آوندی کوتاه مرده دارند. ← آوند حاصل از آن‌ها فاقد دیوارهٔ عرضی بوده و لولهٔ پیوسته ایجاد کرده است.
- در نوع لان‌دار، دیواره در محل لان، غیرچوبی است.
- شیرهٔ خام را از عرض ریشه گرفته و به کمک تعرق و فشار ریشه‌ای به اندام‌های هوایی می‌رسانند.
- یاخته‌های فیبر و پارانشیم در اطراف آن‌ها وجود دارد.



آوندهای آبکش

- دیوارهٔ نخستین سلولزی دارند.
- دیوارهٔ آن‌ها غیرچوبی است.
- دیوارهٔ عرضی به صورت **صفحهٔ آبکشی** دارند. ← آوند آن‌ها لولهٔ پیوسته و بدون دیوارهٔ عرضی نمی‌باشد.
- یاختهٔ بدون هسته ولی زنده دارند. ← فرایند همانندسازی و رونویسی از ژنوم خطی ندارند.
- یاختهٔ آن‌ها سیتوپلاسم به همراه کریچهٔ بزرگ برای نگهداری شیرهٔ پرورده دارد.
- در نهاندانگان ← کنار آوند آبکش، یاختهٔ همراه وجود دارد.
- یاخته‌های همراه به ترابری شیرهٔ پرورده در گیاهان گل‌دار کمک می‌کنند.
- در اطراف آوندها، دسته‌های فیبر آوندها را دربر گرفته است.
- یاخته‌های پارانشیمی نیز در اطراف آن‌ها وجود دارد.

- در آوند چوبی، یاختهٔ بالغ زنده وجود ندارد ولی در بافت آوند چوبی، یاخته‌های پارانشیمی زنده وجود دارد.

در بافت آوند آبکش

- یاختهٔ اصلی آبکشی ← زندهٔ بدون هسته است.
- یاختهٔ همراه ← زندهٔ هسته‌دار است.
- یاختهٔ پارانشیمی ← زندهٔ هسته‌دار است.
- یاختهٔ فیبری ← مردهٔ بدون هسته با دیوارهٔ چوبی است.

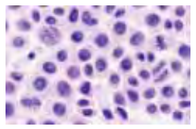
این سه نوع یاخته، لیگنینی نمی‌شوند.

گفتار ۳

انواع مریستم‌ها (سرلادها)

سرلادهای نخستین

ویژگی یاخته‌های سرلادی
- منشأ سامانه‌های مختلف بافتی گیاهان می‌باشند.
- در نوک ساقه و ریشه بسیار بااهمیت هستند.
- به‌طور فشرده نسبت به هم قرار دارند.
- هستهٔ درشت در مرکز یاخته دارند ← هسته، بیشتر حجم یاخته را تشکیل داده است.
- دائماً تقسیم می‌شوند ← یاخته‌های بافت‌های مختلف را می‌سازند.


یاخته‌های سَرلادی

سرلاد نخستین ساقه
سبب رشد طولی ساقه، ریشه و تولید برگ می‌شوند و تا حدودی عرض ساقه، شاخه و ریشه را نیز زیاد می‌کنند.

- عمدتاً در **جوانه‌ها** قرار دارند ← هر جوانه
  - یاخته‌های سرلادی دارد.
  - برگ‌های بسیار جوان دارد.
  - سبب رشد طولی ساقه می‌شود ← سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی را می‌سازد.
  - به ایجاد شاخه‌ها و برگ‌های جدید کمک می‌کند.
- محل
  - جوانهٔ انتهایی
    - محل تولید هورمون اکسین می‌باشد.
    - سبب رشد طولی ساقهٔ گیاه می‌شود.
  - جوانهٔ جـانبی
    - محل تولید هورمون سیتوکینین می‌باشد.
    - تولید شاخه و برگ جدید می‌کند.
    - هورمون اکسین در رشد آن اثر مهاری دارد.
  - فاصلهٔ بین دو گرهٔ ساقه (*میان‌گره*) ← سرلاد میان‌گرهی ← تولید انشعابات جدید در ساقه
- **گره**: محلی است که برگ به ساقه یا شاخه متصل است.

«سرلاد نوک ساقه در مشاهده با میکروسکوپ نوری»
«ترسیمی از ساقه و محل سرلادها در آن»

سرلاد نخستین ریشه
نزدیک به انتهای ریشه قرار دارد.

توسط کلاهک پوشیده شده است
- کلاهک بخش یاخته‌دار، به صورت انگشتانه‌مانند است.
- ترکیب **پلی‌ساکاریدی** ترشح می‌کند
  - سطح کلاهک را لزج می‌کند.
  - نفوذ ریشه در خاک را آسان می‌کند.
- یاخته‌های سطح بیرونی آن به‌طور مداوم می‌ریزند و جانشین می‌شوند.
- سرلاد نوک ریشه را در برابر آسیب‌های محیطی حفظ می‌کند.

سبب رشد طولی و تا حدی رشد قطری ریشه در خاک می‌شود.

به سمت پایین، کلاهک می‌سازد و از بالای خود به ساخت و تمایز سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی می‌پردازد.

سه بخش اصلی روپوست، پوست و استوانهٔ مرکزی را تشکیل می‌دهد.

«سرلاد نزدیک به نوک ریشه در مشاهده با میکروسکوپ نوری»

سرلادهای پسین (کامبیوم‌ها = بن‌لادها)

سبب رشد عرضی و ضخیم شدن زیاد ساقه و ریشهٔ نهاندانگان **درختی دولپه‌ای** می‌شود ← سبب تولید مداوم یاخته‌ها و بافت‌ها می‌شود.

در برگ و اندام‌های زایشی (*گل، میوه و دانه*) وجود ندارند.

انواع بن‌لادها (کامبیوم‌ها)

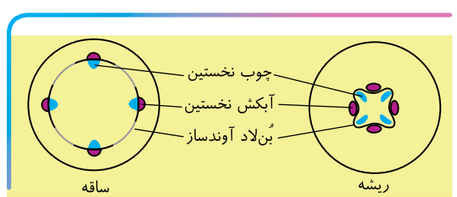
کامبیوم آوندساز
منشأ بافت‌های آوندی **پسین** چوبی و آبکش ساقه و ریشه در گیاه درختی دولپه‌ای می‌شود.

بین آوند آبکش و چوب نخستین تشکیل می‌شود (*در سامانهٔ بافت آوندی تشکیل می‌شود*).

به سمت داخل چوب‌های پسین قطور و به سمت خارج، آبکش‌های پسین نازک‌تر می‌سازد.

در ریشه ابتدا حلقوی نیست ولی در ساقه از ابتدا حلقوی‌شکل است (*گل‌های مقابل*).

پس از تولید ساقهٔ ضخیم درخت، خارجی‌ترین بخش تنهٔ درخت می‌باشد یعنی در زیر پوست درخت قرار دارد.



کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز
در سامانهٔ بافت زمینه‌ای ساقه و ریشهٔ دولپه‌ای‌های درختی تشکیل می‌شود.

به سمت درون، یاخته‌های پارانشیمی (*نرم‌آکنه‌ای*) می‌سازد.

به سمت بیرون، یاخته‌هایی می‌سازد که به تدریج چوب‌پنبه‌ای و مرده می‌شوند (*کوتینی شدن دیواره دارند*).

به بن‌لاد چوب‌پنبه‌ساز و یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای و چوب‌پنبه‌ای حاصل از آن پریدرم (*پیراپوست*) می‌گویند.

پیراپوست (پریدرم)
در اندام‌های مسن، جانشین روپوست می‌شود.

به دلیل چوب‌پنبه‌ای شدن، به آب و گازها نفوذناپذیر است.

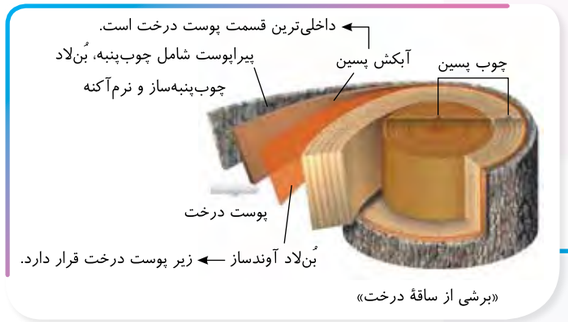
بافت‌های زیر چوب‌پنبهٔ آن، زنده هستند و نیاز به گاز تنفسی دارند.

عدسک‌ها که مناطق برآمده در بین چوب‌پنبه‌ها است برای انتقال گاز دارند.

در برش ساقهٔ درخت دارای چند سال رشد پسین

پوست درخت
- داخلی‌ترین لایه آن ← آبکش‌های پسین
- پیراپوست از داخل به خارج
  - یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای
  - کامبیوم چوب‌پنبه‌ساز پسین
  - چوب‌پنبه‌های پسین و عدسک‌ها ← خارجی‌ترین لایه
- پوست درخت از بن‌لاد آوندساز در برابر عوامل محیطی مراقبت می‌کند.
- در بین بافت‌های مختلف، فقط آوند چوبی و کامبیوم آوندساز جزء آن نمی‌باشد.

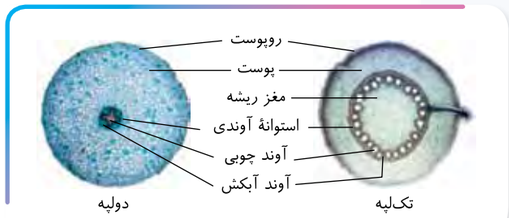
تنهٔ درخت
- بن‌لاد (*کامبیوم*) آوندساز ← خارجی‌ترین لایه
- آوندهای چوبی پسین
- چوب نخستین
  - از نوع تراکئیدها و عناصر آوندی پسین می‌باشد.
  - درونی‌ترین لایه است.
  - بیشترین حجم درخت را دربر می‌گیرد.



«برشی از ساقهٔ درخت»

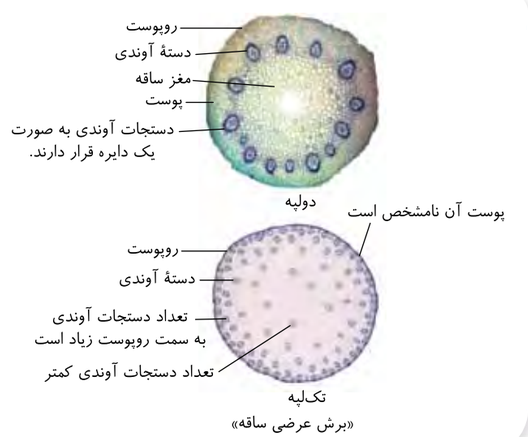
بررسی ساختارهای نخستین

ریشه
- تک‌لپه‌ای‌ها
  - روپوست و تار کشنده دارد.
  - سامانهٔ زمینه‌ای
    - پوست مشخص دارد
      - پوستک و روزنهٔ هوایی ندارد.
      - از بافت پارانشیم ذخیره‌ای و اسکلرانشیم استحکامی تشکیل شده است.
    - مغز نرم‌آکنه‌دار ← مغز آن‌ها کاملاً توسط بافت آوندی محصور شده است.
  - بافت آوندی یک در میان
    - چوبی
    - آبکش
    - استوانهٔ مرکزی
  - به صورت افشان می‌باشد.
- دولپه‌ای‌ها
  - روپوست و تار کشنده دارد ← پوستک و روزنهٔ هوایی ندارد.
  - بیشترین نسبت پوست به استوانهٔ مرکزی در آن دیده می‌شود.
  - در انواع درختی آن‌ها دو نوع کامبیوم ایجاد می‌شود.
  - استوانهٔ مرکزی
    - مغز ندارد.
    - آوندهای یک در میان (*متناوب*) چوبی و آبکش دارد.



«برش عرضی ریشه»

ساقه
- تک‌لپه‌ای‌ها
  - روپوست ← نگهبان، کرک، کوتین (*پوستک*) و روزنه دارد.
  - پوست تحلیل رفته است و حد بین آن و دسته‌های آوندی نامشخص است.
  - مغز ندارد.
  - دستجات آوندی
    - بیشتر حجم ساقه را فرا گرفته است.
    - آوند چوبی درونی و آبکش بیرونی در یک امتداد دارند.
    - به صورت دسته‌های دایره‌ای متعدد وجود دارند که به سمت روپوست تعداد بیشتری دارند.
- دولپه‌ای‌ها
  - روپوست ← نگهبان، کرک، پوستک و روزنه دارند.
  - پوست نازک ولی مشخص دارند.
  - استوانهٔ مرکزی
    - مغز نرم‌آکنه‌دار ← بافت زمینه‌ای
    - آوندهای در امتداد هم (*چوبی درونی و آبکش بیرونی*) ← دسته‌های آوندی مجزا به صورت یک دایره قرار دارد.
  - در انواع درختی آن‌ها دو نوع کامبیوم ایجاد می‌شود.



«برش عرضی ساقه»

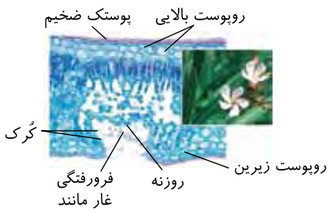
سازش گیاهان با محیط

سازش در مناطق کم‌آب

- مساحت زیادی از ایران را مناطق خشک و کم‌آب تشکیل داده است که انواعی از گیاهان در آن وجود دارد.
- پوشش گیاهی در این مناطق اندک است.
- باید توانایی کم کردن تبخیر و جذب آب بالا داشته باشند. ← فعالیت هورمون **آبسیزیک اسید** در گیاهان این مناطق زیاد است.
- گیاهان *CAM* مثل آناناس و برخی کاکتوس‌ها از آن‌ها می‌باشند که روزنهٔ هوایی خود را در شب باز کرده و در روز می‌بندند.

روزنه در غار

- در خرزهره خودرو دیده می‌شود.
- پوستک ضخیم در مجاورت روپوست بالایی و پایینی برگ خود دارند.
- روزنه‌های هوایی آن در فرورفتگی غارمانند قرار می‌گیرند.
- کرک فراوان در فرورفتگی‌ها دارند.
- کرک‌ها رطوبت هوا را گرفته و اطراف روزنه را مرطوب کرده ← زیادی رطوبت سبب بسته شدن روزنهٔ هوایی و کاهش تعرق می‌شود.



«روزنه‌ها در برگ خرزهره در فرورفتگی‌های غار مانند قرار دارند»

- برخی گیاهان این مناطق، ترکیبات پلی‌ساکاریدی در کریچه برای جذب فراوان آب دارند. ← در دورهٔ کم‌آبی از آن استفاده می‌کنند.
- در این گیاهان برگ، ساقه یا هر دو دارای حالت گوشتی و پرآب می‌باشند.

سازش در مناطق پرآب

- گیاهان موجود در آب فراوان، مشکل کمبود اکسیژن دارند.
- نرم‌آکنه (*پرانشیم*) هوادار در ریشه، ساقه و برگ دارند. ← در فضای بین‌یاخته‌ای خود، حفره‌های بزرگ پرهوا دارند.
- ریشهٔ درختان جنگل حرا در سیستان و بلوچستان در آب و گل قرار دارد
  - شُش ریشه‌ها یعنی ریشه‌های بیرون آمده از سطح آب برای گرفتن اکسیژن دارند.
  - این گیاهان آبزی می‌باشند.

گفتار ۱

تغذیهٔ گیاهی

- بیشتر گیاهان
  - مواد معدنی مورد نیاز خود را از ریشه می‌گیرند. ← خزه و گیاهان انگل ریشه ندارند.
  - با فتوسنتز، بخشی از مواد آلی مورد نیاز خود را تولید می‌کنند ← ولی همگی به مواد مغذی مثل آب و مواد معدنی نیاز دارند.

جذب CO_2

- همراه سایر گازها از هوا جذب می‌کنند ← در فتوسنتز به کمک آن، مواد آلی می‌سازند (*کربن اساس مواد آلی است که طی فتوسنتز تثبیت می‌شود*).
- از فضاهای بین‌یاخته‌ای و اغلب از روزنه‌های هوایی وارد گیاه می‌شود.
- مقداری با حل شدن در آب ← محلول بیکربنات می‌شود ← توسط برگ‌ها یا ریشه جذب می‌شود.

ساختار خاک

ترکیبی از مواد آلی، غیرآلی و ریزاندامگان (*میکروارگانیسم‌ها*) می‌باشد ← در مناطق مختلف ویژگی‌های متفاوتی در نگهداری آب، pH، هوا و مواد مختلف دارند.

بخش آلی خاک

- همان گیاخاک (*هوموس*) است ← بیشتر از بقایای جانداران و اجزای در حال تجزیه شدن آن‌ها ایجاد می‌شود.
- برخی اجزای آلی گیاخاک ← مواد اسیدی با بار منفی دارند ← با نگه داشتن یون‌های مثبت در سطح خاک مانع شستن این یون‌ها می‌شوند.
- گیاخاک باعث نرمی و اسفنجی شدن خاک می‌شود ← نفوذ ریشه را آسان می‌کند (*گیاخاک و پلی‌ساکارید کلوچک، دو عامل برای تسهیل ورود ریشه در خاک می‌باشند*).

ذرات غیرآلی خاک

- در اثر هوازدگی سنگ‌ها با تخریب فیزیکی یا شیمیایی سنگ ایجاد می‌شوند.
- از ذرات بسیار کوچک رس تا درشت شن و ماسه می‌باشد.

انواع هوازدگی

- فیزیکی ← با تغییرات متناوب یخ زدن و ذوب شدن آب ← سبب خرد شدن سنگ‌ها می‌شود.
- شیمیایی ← در اثر اسیدهای تولید شده برخی جانداران یا ریشهٔ گیاهان ایجاد می‌شوند.

جذب مواد معدنی خاک

جذب نیتروژن

- به همراه کربن، هیدروژن، اکسیژن و فسفر در ساختار مولکول‌های وراثتی و پروتئین‌ها دیده می‌شود.
- ۷۸٪ جو زمین گاز N_2 است ← N_2 به صورت گازی توسط گیاه جذب نمی‌شود (*مگر در گیاهان تراژنی شده*).
- گیاه، بیشتر نیتروژن مورد نیاز را به صورت نیترات (NO_3^-) یا آمونیوم (NH_4^+) می‌گیرد (*یون مثبت یا منفی*).
- نیترات و آمونیوم بیشتر در خاک و توسط ریزاندامگان (*میکروارگانیسم‌ها*) تولید می‌شوند.

تثبیت نیتروژن

- بخشی از نیتروژن تثبیت شده در خاک، حاصل عملکرد زیستی باکتری‌هاست.
- فرایند تبدیل N_2 گازی جو به آمونیوم (NH_4^+) می‌باشد که توسط برخی باکتری‌های آزاد خاکزی یا همزیست با گیاهان انجام می‌شود.
- مقدار قابل توجهی از نیتروژن تثبیت شده از باکتری‌ها دفع می‌شود و مقداری نیز پس از مرگ قابل دسترس گیاه قرار می‌گیرد.
- دو گروه مهم باکتری‌های همزیست با گیاهان برای تثبیت نیتروژن
  - ریزوبیوم‌ها
    - با ریشهٔ گیاه پروانه‌واران همزیستی می‌کنند.
    - قدرت تثبیت کربن ندارند.
    - مواد معدنی را به آلی تبدیل نمی‌کنند.
    - قدرت تثبیت نیتروژن دارند.
  - سیانوباکتری‌ها
    - با اندام هوایی گیاهان همزیستی می‌کنند.
    - همگی قدرت تثبیت کربن دارند.
    - برخی قدرت تثبیت نیتروژن دارند.
- امروزه تلاش دارند ژن تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن را از باکتری‌ها جدا کنند و به گیاهان اضافه کنند ← در این حالت گیاه به تثبیت نیتروژن می‌پردازد.

باکتری‌های آمونیاک‌ساز

- سبب تولید آمونیوم از مواد آلی خاک می‌شوند.
- قدرت تثبیت نیتروژن و کربن (*متوسنتز*) ندارند.

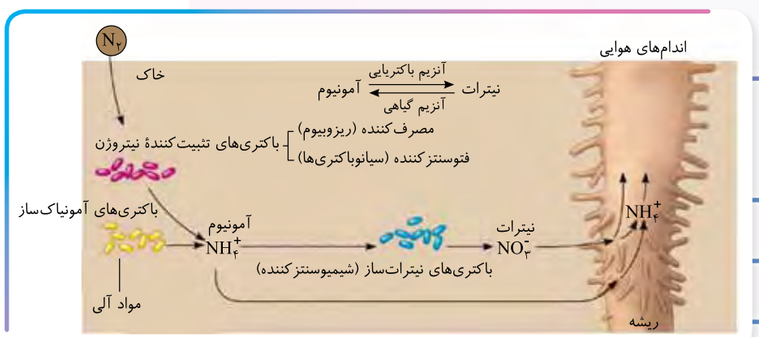
باکتری‌های نیترات‌ساز

- در خاک سبب تبدیل آمونیوم (NH_4^+) به نیترات (NO_3^-) می‌شوند.
- باکتری‌های شیمیوسنتزکننده هستند که توانایی تثبیت کربن (*بدون متوسنتز*) دارند.
- انرژی تولیدکنندگی خود را از اکسایش مواد معدنی به دست می‌آورند.

- نیترات اگر وارد گیاه شود، دوباره در ریشهٔ گیاه به آمونیوم (NH_4^+) تبدیل می‌شود تا مصرف شود.
- باکتری‌های آمونیوم‌ساز می‌توانند آمونیاک‌سازها یا تثبیت‌کننده‌های نیتروژن باشند که هیچ‌کدام شیمیوسنتزکننده نیستند.

جذب فسفر

- کمبود آن رشد گیاهان را محدود می‌کند.
- گیاهان این عنصر را به صورت یون‌های فسفات (*یون منفرد*) از خاک می‌گیرند. ← اسید گیاخاک، فسفات را حفظ می‌کند.
- فسفات در خاک فراوان است ولی اغلب برای گیاهان غیرقابل دسترس می‌باشد ← چون به‌طور محکم با برخی ترکیبات معدنی خاک اتصال دارد.
- برخی گیاهان با گسترش انشعابات ریشه و تارهای کشنده، سبب جذب بهتر فسفات می‌شوند.



«تغییرات مواد نیتروژن‌دار و چگونگی جذب آن‌ها از خاک»

انواع کودها برای بهبود کمبودهای خاک

- اصلاح خاک ← آماده کردن آن برای کشت گیاه
- زیست‌شناسان برای تشخیص نیازهای تغذیه‌ای گیاهان ← آن‌ها را در محلول‌های مغذی رشد می‌دهند
  - این شیوه برای تشخیص اثرات عناصر بر رشد و نمو گیاهان نیز استفاده می‌شود.
  - این محلول‌ها، آب و عناصر مغذی را به مقدار معین دارند.

- ویژگی کودها
  - به خاک‌هایی که کمبود مواد دارند، اضافه می‌شوند تا حاصلخیز شوند.
  - همگی سبب افزایش **مواد معدنی** به خاک می‌شوند.
  - چون در اغلب خاک‌ها مقدار **نیتروژن**، **فسفر** و **پتاسیم قابل دسترس** محدود است ← بیشتر کودها این عناصر را دارند.

- **کود آلی**
  - **اجزاء**: بقایای در حال تجزیه جانداران می‌باشند. ← ابتدا مقدار هوموس خاک را زیاد می‌کنند.
  - **ویژگی**:
    - مواد معدنی را به **آهستگی** آزاد می‌کنند (*سبب تسهیل هوازدگی شیمیایی سنگ‌ها می‌شوند*).
    - چون به نیازهای جانداران شباهت بیشتری دارند ← استفادهٔ زیاد از آن‌ها به گیاه آسیب **کمتری** می‌زند.
  - **معایب**: احتمال **آلودگی** آن‌ها به عوامل بیماری‌زا زیاد است.
- **کود شیمیایی**
  - **اجزاء**: عناصر معدنی دارند.
  - **ویژگی**: **به راحتی** مواد معدنی را به گیاه می‌دهند ← به **سرعت** کمبود مواد مغذی خاک را جبران می‌کنند.
  - **معایب**:
    - مصرف زیاد آن سبب **آسیب به خاک** و محیط زیست شده و بافت خاک را تخریب می‌کند.
    - با ریزش باران ← مواد معدنی آن‌ها وارد آب شده ← سبب رشد سریع باکتری، جلبک و گیاه آبزی می‌شود ← مانع نفوذ نور و O_2 به آب شده ← مرگ‌ومیر جانداران آبزی
- **کود زیستی**
  - حاوی **باکتری** می‌باشد ← برای خاک مفیدند ← ضمن فعالیت و تکثیر خود، مواد معدنی خاک را افزایش می‌دهند.
  - ویژگی ← بسیار ساده و کم‌هزینه‌اند ← معمولاً با کود **شیمیایی** استفاده می‌شوند.
  - معایب ← معایب دو نوع کود دیگر یعنی آلودگی یا آسیب به خاک را ندارند.

سازش با زیادی مواد در خاک

- بعضی گیاهان می‌توانند غلظت‌های زیادی از مواد سمی را درون خود به صورت ایمن نگه دارند.
- **نوعی** سرخس، **آرسنیک** سمی خاک را در خود جمع می‌کند.
- گیاه گل ادریسی ← در خاک **اسیدی** ← **آلومینیوم** در بافت و **کریچه** ذخیره کرده ← گلبرگ‌شان در خاک اسیدی شده، از صورتی به آبی تغییر می‌کند.
- گلبرگ گیاه گل ادریسی
  - در خاک خنثی و قلیایی ← صورتی‌رنگ است.
  - در خاک اسیدی ← به علت تجمع آلومینیوم ← آبی‌رنگ می‌شود
  - با یک نوع ژنوتیپ، برحسب محیط دو نوع شکل ظاهری یا فنوتیپ را نشان می‌دهد.
  - نمونه‌ای از سازش جاندار با محیط می‌باشد.
- برخی گیاهان ← با جذب و ذخیرهٔ نمک ← با کاشت و برداشت چند سال به صورت پی‌درپی ← سبب کاهش شوری خاک و بهبود کیفیت آن می‌شوند.

- ارتباط گیاهان با سایر جانداران محیط
  - همزیستی
    - همزیستی گیاه با دو گروه مهم از باکتری‌های تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن (در محیط دارای نیتروژن کم)
      - قارچ ریشه‌ای (میکوریزا)
        - همزیستی ریشهٔ گیاهان با **انواعی** از قارچ‌هاست. ← (*خزه‌گیان ریشه ندارند و همانند گیاهان آوند در این همزیستی شرکت نمی‌کنند.*)
        - در ۹۰٪ گیاهان دانه‌دار برای جذب آب و مواد مغذی دیده می‌شود.
        - قارچ یا به درون ریشه می‌روند و تبادل مواد می‌کنند.
        - یا قارچ‌ها در سطح ریشه‌اند و رشته‌های ظریف خود را وارد ریشه می‌کنند.
        - ریشهٔ گیاه، مواد آلی به قارچ می‌دهد، قارچ نیز مواد معدنی (*مخصوصاً فسفات*) را به گیاه وارد می‌کند.
        - رشته‌های بدن قارچ نسبت سطح به حجم زیاد برای گرفتن مواد دارد.
        - در وضعیت برابر محیطی، گیاهان همزیستی‌کننده با قارچ، رشد بیشتری از گیاه فاقد این رابطه دارند.
      - همزیستی ریشهٔ گیاه با ریزوبیوم‌ها
        - از گذشته برای تقویت خاک، کشت پی‌درپی گیاهان زراعی مختلف مثل تیرهٔ پروانه‌واران صورت می‌گرفت.
        - این همزیستی بین گیاهان **زراعی** تیرهٔ پروانه‌واران با باکتری‌های مصرف‌کنندهٔ ریزوبیوم است.
        - گل این گیاهان به پروانه شباهت دارد.
        - سویا، نخود، عدس، لوبیا، شبدر و یونجه از این تیره می‌باشند.
        - این باکتری‌ها در **گرهک**‌های برجسته روی **ریشهٔ** آن‌ها زندگی می‌کنند.
        - این باکتری‌ها، با تثبیت نیتروژن، آمونیوم زیادی را وارد گیاه می‌کنند.
        - هنگام مرگ این گیاهان یا برداشت بخش‌های هوایی آن‌ها ← گرهک ریشه‌ها که پر از باکتری و آمونیوم است در خاک می‌ماند ← گیاخاک (*هوموس*) غنی از نیتروژن ایجاد می‌کند.
        - گیاه، مواد آلی ساخته شده طی فتوسنتز را از طریق ریشهٔ خود به باکتری‌ها می‌رساند.
      - همزیستی اندام هوایی گیاه با سیانوباکتری‌ها
        - همهٔ این باکتری‌ها فتوسنتز می‌کنند (*قدرت تثبیت کربن CO_2 دارند*) و برخی از آن‌ها نیتروژن را تثبیت می‌کنند.
        - همیاری سیانوباکتری با گیاه آزولا
          - گیاهی آبزی کوچک در تالاب‌های شمال ایران است. ← این گیاه معضل کنونی تالاب‌های شمال کشور می‌باشد.
          - گیاه غیربومی برای مزارع برنج شمال کشور می‌باشد. ← گیاه آزولا پارانشیم‌ها با فضای بین‌یاخته‌ای فراوان و پرهوا دارد.
          - با سیانوباکتری‌ها همزیستی می‌کند و نیتروژن تثبیت کردهٔ آن‌ها را به صورت آمونیوم می‌گیرد.
          - رشد سریع دارد و سبب کاهش O_2 آب شده است. ← سبب مرگ بسیاری از آبزیان می‌شود.
        - همیاری گونرا
          - رشد بسیار زیادی همراه همزیستی با سیانوباکتری‌ها در مناطق غیرحاصلخیز دارند.
          - باکتری‌های فتوسنتزکننده در حفرات **کوچک** شاخه، ساقه و دمبرگ آن‌ها رشد می‌کنند.
          - در نواحی فقر نیتروژن به دلیل همزیستی با سیانوباکتری‌ها، رشد بسیار زیادی دارند.
          - باکتری از محصولات فتوسنتزی گیاه نیز استفاده می‌کند.
      - ویژگی سیانوباکتری‌ها
        - باکتری‌های فتوسنتزکننده و اکسیژن‌زا می‌باشند.
        - تنها باکتری‌های فتوسنتزکننده هستند که سبزینهٔ a دارند.
        - منبع انرژی فتوسنتز آن‌ها نور خورشید است.
        - منبع الکترون فتوسنتز آن‌ها از آب است.
        - سبزدیسه ندارند ولی سبزینهٔ a دارند.
        - همگی طی فتوسنتز به تثبیت کربن (CO_2) می‌پردازند.
        - بعضی از آن‌ها توانایی تثبیت نیتروژن دارند.
        - با گیاهان بزرگ و کوچک همزیستی می‌کنند.
    - رابطهٔ صیادی گیاهان حشره‌خوار
      - گیاهانی مثل توبره‌واش هستند (*توبره‌واش گیاه آبزی با برگ کوزه‌مانند است*).
      - فتوسنتزکننده‌اند و توانایی تثبیت کربن دارند.
      - در مناطق دارای فقر نیتروژن زندگی می‌کنند.
      - برخی برگ‌های آن‌ها زوائد حساسی برای شکار و گوارش جانوران کوچک (*حشرات*) دارند.
      - حشرات و لارو کوچک آن‌ها را به سرعت وارد بخش کوزه‌مانند برگ خود می‌کنند.
      - حشرات را توسط آنزیم‌های گیاه، گوارش می‌دهند و از نیتروژن آن‌ها بهره می‌برند.
    - گیاهان انگل
      - **همه** یا **بخشی** از آب و مواد غذایی خود را از گیاهان فتوسنتزکننده دریافت می‌کنند.
      - توانایی فتوسنتز ندارند (*کربن را تثبیت نمی‌کنند*).
      - گیاه سس
        - ریشه ندارد (*از این نظر همانند خزه‌گیان می‌باشد*).
        - ساقهٔ نارنجی یا زردرنگ دارد.
        - به دور گیاه سبز میزبان می‌پیچد.
        - بخش‌های مکنده ایجاد کرده و آن را به درون آوند گیاه میزبان وارد می‌کند.
        - از آوند گیاه میزبان، مواد مورد نیاز را می‌گیرد.
      - گل جالیز
        - نوعی گیاه انگل می‌باشد.
        - اندام مکنده و نفوذکننده به ریشهٔ گیاه جالیزی (*گوجه‌فرنگی*) دارد.
        - مواد مغذی را از **ریشهٔ** گیاهان میزبان می‌گیرد.
      - گل جالیز نام یک گیاه انگل است که فتوسنتز نمی‌کند ولی گیاهان جالیزی (*گوجه‌فرنگی*)، قدرت فتوسنتز دارند و میزبان گل جالیز می‌باشند.

گفتار ۳

انتقال مواد در گیاه

انتقال از خاک به برگ

تعرق

- خروج آب به صورت **بخار** از اندام‌های **هوایی** گیاه است.
- سازوکار لازم برای جابه‌جایی آب و مواد معدنی به برگ می‌باشد.
- مهم‌ترین عامل در صعود شیرهٔ خام در آوندهای چوبی گیاهان می‌باشد.

انواع مسیر انتقال مواد

- آب و مواد مورد نیاز گیاه ← اغلب از راه خاک وارد ریشه می‌شود ← بخش **زیادی** از این آب جذب شده ← از اندام‌های هوایی مخصوصاً سطح برگ تبخیر می‌شود.
- (۱) مسیر کوتاه ← جابه‌جایی مواد و آب در سطح یک یا چند یاخته می‌باشد
  - عبور شیرهٔ خام از خاک تا آوند ریشه
  - انتقال مواد بین بخش‌های مختلف برگ
- (۲) مسیر بلند ← به کمک آوندها و تا مسیرهای طولانی از ریشه تا برگ می‌باشد.

پتانسیل آب

- عامل اصلی با نقش اساسی برای انتقال مواد در گیاه دارد.
- هر قسمتی آب بیشتری دارد و مواد محلول کمتری دارد ← پتانسیل یا مقدار آب بیشتری دارد.
- همواره آب از منطقه با پتانسیل یا مقدار آب بیشتر به سمت کمتر می‌رود.
- تعیین کننده جهت حرکت آب و مواد حل شده در گیاه می‌باشد.
- پتانسیل آب خالص صفر است که بیشترین پتانسیل می‌باشد.
- هر چه مواد حل شده در آب بیشتر باشد، پتانسیل آب کاهش می‌یابد و منفی‌تر می‌شود.
- پتانسیل آبِ موجود در فضاهای خاک از همه بیشتر و پتانسیل آب هوای بیرون از همه کمتر است.

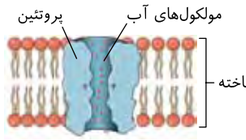
«اندازه‌های تقریبی پتانسیل آب در درخت و محیط اطراف آن»

انواع مسیر جابه‌جایی مواد

مسیر کوتاه

انتقال مواد در سطح یاخته‌ای

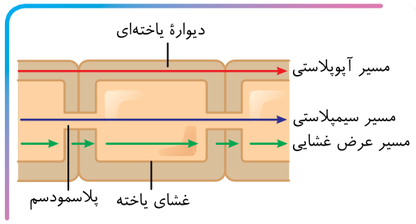
- جابه‌جایی مواد به صورت فعال یا غیرفعال در حد یاخته صورت می‌گیرد.
- انتشار، اسمز و انتقال فعال در عبور مواد آن‌ها مؤثرند.
- برخی یاخته‌های گیاهی، جانوری و غشای کریچه برخی یاخته‌های گیاهی ← کانال پروتئینی سراسری مخصوص آب دارند
  - به سر آبدوست و دم‌های آب‌گریز فسفولیپیدهای غشا متصل است.
  - مخصوص عبور آب از عرض غشا است.
  - سرعت عبور آب را زیاد می‌کند.
  - در کم‌آبی، ساخت آن زیاد می‌شود.
  - تولید آن‌ها با مقدار آبسیزیک اسید گیاه رابطهٔ مستقیم دارد.



«پروتئین تسهیل‌کنندهٔ عبور آب در غشا»

سه روش عبور دارد

- انتقال از عرض غشا ← از فضای بین رشته‌های سلولزی دیواره و فضای بین فسفولیپیدهای غشای پلاسمایی عبور می‌کنند.
- سیمپلاستی ← از راه پلاسمودسم است
  - آب و بسیاری مواد محلول کوچک و بزرگ را عبور می‌دهد ← مواد را از دیواره عبور نمی‌دهد.
  - پروتئین‌ها، نوکلئیک اسیدها و حتی ویروس‌های گیاهی را عبور می‌دهد.
- آپوپلاستی
  - از دیواره و فضای بین‌یاخته‌ای است ← از غشا، فسفولیپیدها و پروتئین‌های آن عبور نمی‌کند.
  - مواد مضر و ناخواسته را نیز عبور می‌دهد.
- پروتوپلاست در انتقال از مسیرهای عرض غشایی و سیمپلاستی نقش دارد.

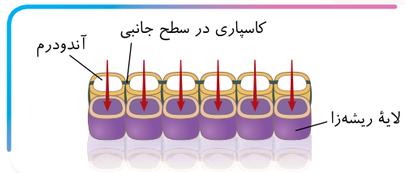


«شیوه‌های انتقال مواد در مسیرهای کوتاه»

انتقال مواد در عرض ریشه

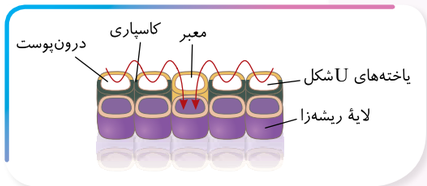
ویژگی درون‌پوست (آندودرم) ریشه و راه عبور مواد از آن

- درونی‌ترین لایه پوست ریشه است ← استوانهٔ **ظریف** از یاخته‌های به هم **فشرده** است ← سدی در مقابل آب و مواد محلول ایجاد می‌کند.
- از داخل به لایه‌ای از استوانهٔ مرکزی به نام لایهٔ ریشه‌زا متصل است.
- انتقال مواد را کنترل می‌کند.
- در چهار سطح جانبی خود نوار کاسپاری چوب‌پنبه‌ای (*سوبرینی*) دارد
  - فقط به راه سیمپلاستی اجازهٔ انتقال مواد به درون آندودرم می‌دهند.
  - مانند صافی مانع عبور مواد از دیواره می‌شوند ← مانع از ورود مواد ناخواسته یا مضر از مسیر آپوپلاستی می‌شوند.
  - مانع بازگشت مواد به سمت پوست ریشه می‌شوند.



یاختهٔ معبر

- در آندودرم ریشهٔ برخی گیاهان وجود دارد.
- فاقد نوار کاسپاری می‌باشد.
- با هر سه مسیر به مواد اجازه عبور می‌دهد و آن‌ها را وارد استوانهٔ مرکزی می‌کند.
- در یاخته‌های کنار آن یاخته‌های *U* مانند با ۵ سطح نوار کاسپاری وجود دارد.
  - علاوه بر دیواره‌های جانبی، دیوارهٔ پشتی آن نیز کاسپاری دارد.
  - مواد از روش سیمپلاستی وارد یاختهٔ *U*مانند شده ولی از آن عبور نمی‌کنند.
  - مواد وارد شـده به یاختهٔ *U*شکل از راه سیمپلاستی به یاخته‌های مجاور می‌رود تا در نهایت برای ورود به استوانهٔ مرکزی به یاختهٔ معبر برسد.



- بعد از آندودرم، هر سه مسیر عبوری در رساندن شیرهٔ خام به آوند چوبی ریشه یا همان بارگیری چوبی نقش دارند.

سرعت عبور آب

- با انتشار ← چند میلی‌متر در روز
- با جریان توده‌ای ← چند متر در روز

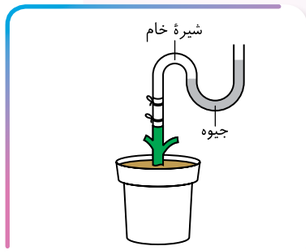
جریان توده‌ای مسیرهای بلند

- فقط با انتشارها مقدور نمی‌باشد.
- به جریان توده‌ای در آوندها نیاز دارد.
- در آوند چوبی ← جریان توده‌ای شیرهٔ خام تحت تأثیر چند عامل است
  - فشار ریشه‌ای
  - تعرق و خواص ویژه آب (*هم‌چسبی و دگرچسبی*)
  - تعریق
- در آوند آبکش ← جریان توده‌ای ویژه برای عبور فعال شیرهٔ پرورده وجود دارد.
- آوند چوبی در انتقال مواد برخلاف آوند آبکش، نقش فعال ندارد.

عوامل مؤثر در صعود شیرهٔ خام در آوند چوبی

فشار ریشه‌ای

- در اثر انتقال فعال یون‌های معدنی از آندودرم و یاخته‌های زندهٔ استوانهٔ مرکزی ریشه به آوندهای چوبی وارد می‌شوند.
- به دنبال ورود یون‌ها به آوند چوبی ← پتانسیل آب در آوند چوبی کم می‌شود ← آب وارد آوند چوبی می‌شود ← فشار ریشه‌ای، شیرهٔ خام را از پایین به سمت بالا هُل می‌دهد.
- در بیشتر گیاهان ← نقش **کمی** در صعود شیرهٔ خام دارد.
- در بهترین حالت ← چند متر شیرهٔ خام را بالا می‌برد.
- شکل روبه‌رو نشان می‌دهد که اگر رابطهٔ ساقهٔ گیاه را با بخش‌های هوایی قطع کنیم ← باز هم به دلیل فشار ریشه‌ای، صعود شیرهٔ خام در گیاه مشاهده می‌شود.



«آزمایشی برای اندازه‌گیری فشار ریشه‌ای»

تعرق

- عامل اصلی انتقال شیرهٔ خام می‌باشد که معرف خروج **بخار آب** از اندام‌های **هوایی** گیاه می‌باشد.
- علت تعرق، حرکت مکشی آب از مقدار بیشتر به سمت کمتر در اندام‌های هوایی و به صورت **پیوسته** می‌باشد.

علت پیوستگی آب در آوند چوبی

- خاصیت هم‌چسبی آب ← پیوستگی بین مولکول‌های آب توسط پیوند هیدروژنی در آوند چوبی می‌باشد.
- خاصیت دگرچسبی آب ← چسبندگی آب با دیوارهٔ آوند چوبی می‌باشد.

- بیشتر تعرق از روزنه‌های هوایی **برگ** صورت می‌گیرد ← این نیروی مکش تعرقی، در گیاه بسیار زیاد و با قدرت صورت می‌گیرد ← در روز گرم می‌تواند کمی سبب کاهش قطر تنهٔ درخت شود.
- اگر استحکام آوند چوبی نبود ← نیروی تعرق شدید در روزهای گرم ← می‌توانست به راحتی سبب له شدن آوند چوبی شود.

محل تعرق

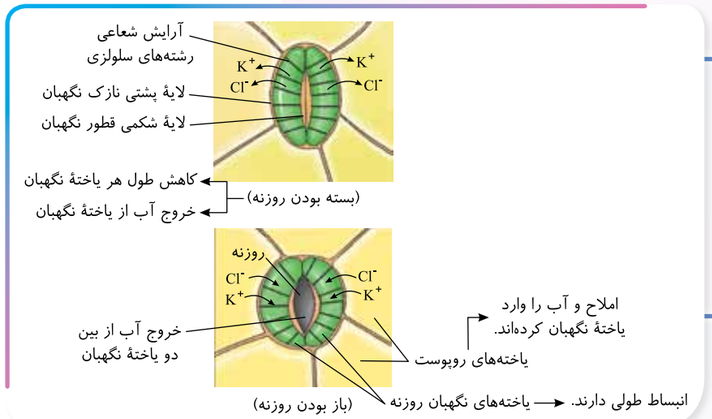
- از پوستک، عدسک‌ها و مخصوصاً از روزنه‌های هوایی صورت می‌گیرد.

ویژگی روزنه‌های هوایی

- منفذ بین دو یاختهٔ نگهبان روپوستی در اندام‌های هوایی می‌باشد.
- باز و بسته شدن آن‌ها به دلیل ساختار خاص یاخته‌های نگهبان و تغییر فشار تورژسانس در این یاخته‌هاست.

مکانیسم باز شدن روزنه‌ها ← انباشت ساکارز و یون‌های محلول K^+ و Cl^- در یاخته‌های نگهبان ← انتقال آب از یاختهٔ روپوستی به نگهبان روزنه ← تورژسانس یاخته‌های نگهبان و رشد طولی آن‌ها ← رشته‌های شعاعی سلولزی دیوارهٔ نگهبان، مانع گسترش عرضی می‌شود. ← کشیده شدن دو یاختهٔ نگهبان به سمت لایهٔ نازک پشتی خود ← باز شدن روزنهٔ هوایی ← خروج آب از بین دو یاختهٔ نگهبان یا همان روزنهٔ هوایی

- ضخامت دیوارهٔ یاخته‌های نگهبان در سمت دهانهٔ روزنه (*لایهٔ شکمی*) بیشتر از سمت خارجی آن (*لایهٔ پشتی*) است.
- تورژسانس نگهبان ← انبساط بیشتر دیوارهٔ پشتی نگهبان ← سبب خمیدگی نگهبان‌ها به سمت روپوست و باز شدن روزنهٔ هوایی می‌شود.
- ورود آب به درون یاختهٔ نگهبان ← افزایش طول نگهبان‌ها ← باز شدن روزنهٔ هوایی ← تعرق ↑
- خروج آب از درون یاختهٔ نگهبان ← کاهش طول نگهبان‌ها ← بسته شدن روزنهٔ هوایی ← تعرق ↓
- خروج آب از بین دو یاختهٔ نگهبان ← نشان دهندهٔ افزایش طول نگهبان‌ها و انباشت مواد محلول در آن‌هاست.



عوامل مؤثر در باز و بسته شدن روزنهٔ هوایی

عوامل درونی

- مقدار آب گیاه ← هرچه آب گیاه ↑ ← باز شدن روزنه ↑
- هورمون‌های گیاهی ← آبسیزیک اسید ↑ ← باز شدن روزنه ↓
- موقعیت روزنه‌ها
  - سطحی یا برآمده‌ها ← تعرق را زیاد می‌کنند.
  - فرو رفته در روپوست یا پوشیده از کرک ← تعرق را کم می‌کنند.
- تعداد روزنه‌ها ↑ ← تعرق ↑
- کاهش سطح برگ ← تعداد روزنه‌ها ↓ ← تعرق ↓
- تعداد روزنه‌ها در سطح تحتانی برگ از فوقانی آن بیشتر است.

عوامل بیرونی

- نور ↑ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود.
- دما ↑ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود. ← تعرق را بالا می‌برد.
- CO_2 ↓ ← سبب باز شدن روزنه‌ها می‌شود.
- رطوبت محیط ↑ ← تعرق کمتر می‌شود و روزنه‌ها مسدودتر هستند.
- روزنهٔ هوایی گیاهان *CAM* مثل آناناس و برخی کاکتوس‌ها ← در روز بسته و در شب باز می‌شود ← مانع تعرق شدید در مناطق گرم و خشک می‌شود.

تعریق

- ضمن تعرق کم و فشار ریشه‌ای بالا صورت می‌گیرد.
- در شب هنگام یا در هوای بسیار مرطوب رخ می‌دهد.
- خروج آب به صورت **قطرهٔ آبی** از روزنهٔ **آبی** صورت می‌گیرد.
- روزنهٔ آبی برخلاف روزنهٔ هوایی **همیشه باز** می‌باشد.
- تعریق از انتها یا لبهٔ برگ‌های **برخی** گیاهان **علفی** صورت می‌گیرد.
- شرایط ایجاد کننده آن با فرایند شبنم یکسان است.
- فشار ریشه‌ای بالا ← اگر با تعرق کم همراه شود ← آب اضافی گیاه از راه تعریق و روزنهٔ آبی خارج می‌شود.
- فشار ریشه‌ای پایین ← ورود آب به گیاه کم می‌شود ← تعریق هم کم می‌شود.

شیرهٔ پرورده

- شیره‌ای شامل مواد محلول آلی و کمی آب می‌باشد.
- این شیره در اثر فرایند فتوسنتز و در بخش‌های سبز ساخته می‌شود ← چرخهٔ کالوین در تبدیل شیرهٔ خام به شیرهٔ پرورده مؤثر است.
- در آوندهای آبکش به سمت بالا و پایین (*همهٔ جهات*) رفته تا به همهٔ قسمت‌های زندهٔ گیاه برسد.

محل منبع

- بخشی است که مواد **آلی** را در اختیار بخش‌های دیگر گیاه قرار می‌دهد.
- برگ‌ها از مهم‌ترین محل‌های **منبع** هستند.
- بخش‌های ذخیره کنندهٔ مواد آلی، هنگام آزاد کردن مواد آلی، از محل‌های منبع هستند.

محل مصرف

- هر بخش زندهٔ گیاه است که مصرف‌کننده یا ذخیره‌کنندهٔ مواد آلی می‌باشد.
- بخش‌هایی که مواد آلی را هنگام ذخیره وارد خود می‌کنند، محل مصرف هستند.

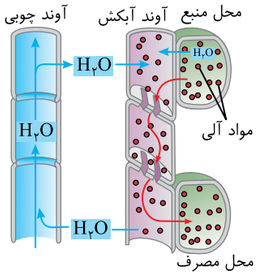
- برای تعیین سرعت و ترکیب شیرهٔ پرورده از حشره‌ای به نام شته‌ها استفاده می‌کنند
  - شته، خرطوم خود را وارد آوند **آبکش** ساقهٔ **علفی** می‌کند.
  - شته را بی‌حس کرده و خرطوم آن را قطع می‌کنیم.
  - شیرهٔ پرورده از خرطوم آن خارج می‌شود. ← این نشان دهندهٔ نقش فعال آوند آبکش در حرکت شیرهٔ پرورده می‌باشد.

چگونگی حرکت شیرهٔ پرورده

- شیرهٔ پرورده از میان‌یاخته (*سیتوپلاسم*) یاخته‌های زنده به یاختهٔ دیگر صورت می‌گیرد.
- حرکت شیرهٔ پرورده **کندتر** و **پیچیده‌تر** از شیرهٔ خام می‌باشد. ← درون آوند آبکش این شیره باید از صفحات آبکشی سلولزی منفذدار عبور کند.

الگوی جریان فشاری (مدل مونش)

- مرحلهٔ ۱ (*بارگیری آبکش*) ← قند و مواد آلی محل منبع، با انتقال فعال وارد آوند آبکش می‌شوند.
- مرحلهٔ ۲ (*آبگیری آبکش*) ← به دنبال بارگیری آبکشی، پتانسیل آب در آوند آبکش کم شده ← آب با اسمز هم از آوند چوبی مجاور و هم از محل منبع وارد آوند آبکش می‌شود.
  - آب از یاختهٔ منبع زنده ← آوند آبکش زنده
  - آب از آوند چوبی مرده ← آوند آبکش زنده
- مرحلهٔ ۳ (*جریان توده‌ای*) ← مواد شیرهٔ پرورده با فشار زیاد از صفحات آبکشی گذشته و به سمت فشار کمتر در مجاور اندام‌های مصرف می‌روند.
- مرحلهٔ ۴ (*باربرداری آبکش*) ← مواد آلی شیرهٔ پرورده با انتقال فعال به اندام مصرف می‌روند
  - یا مصرف می‌شوند.
  - یا ذخیره می‌شوند.
  - به دنبال باربرداری آبکشی، آب نیز با اسمز از آوند آبکش به سمت آوند چوبی مجاور وارد می‌شود (*از راه کال‌ها*).
- در بین این چهار مرحله، فقط فرایند انتقال آب از راه اسمز و بدون صرف انرژی زیستی می‌باشد.



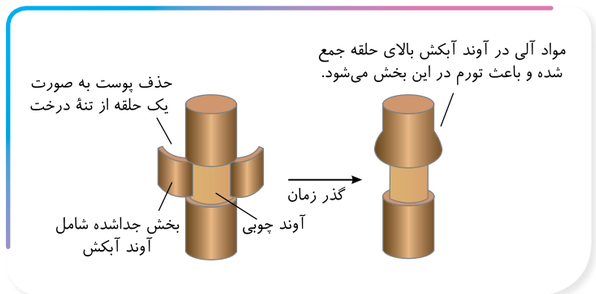
«چگونگی حرکت مواد در آوند آبکش»

تنظیم تولید و مصرف مواد آلی در گیاه

اگر مقدار مواد آلی گیاه یا محل منبع کمتر از مصرف باشد

- گیاه به حذف برخی بخش‌های زایشی مثل گل‌ها، دانه‌ها یا میوه‌های خود اقدام می‌کند ← با این کار مواد آلی به محل‌های مصرف باقی‌مانده می‌رسد.
- باغبان‌ها برای داشتن میوه‌های درشت‌تر
  - تعدادی از گل‌ها را می‌چینند.
  - تعدادی از میوه‌های جوان را می‌چینند. ← میوهٔ کمتر ولی درشت‌تر می‌دهند.

- اگر قسمتی از پوست درخت که شامل پیراپوست و بافت آبکش است را ببریم ← شیرهٔ خام به اندام فتوسنتزکننده می‌رسد ← شیرهٔ پرورده در آوند آبکش بالا جمع می‌شود و پایین‌تر نمی‌رود.



- **گیاهان**
  - **بدون آوند**
    - **خزه‌گیان**
      - آوند، دانه، ریشه، ساقه و برگ ندارند.
      - گامت نر آن‌ها همانند اسپرم جانوران وسیلهٔ حرکتی دارد.
      - گامت نر آن‌ها در قطره‌های آب یا رطوبت سطح گیاه شنا کرده تا به گامت ماده برسد.
  - **آوندار**
    - **بدون دانه**
      - **سرخس‌ها**
        - گل، میوه و دانه ندارند.
        - نوعی از آن‌ها می‌تواند **آرسنیک** سمی را در خود جمع کند.
    - **دانه‌داران**
      - **بازدانگان**
        - گل ندارند.
        - دانه دارند.
      - **نهاندانگان (گل‌داران)**
        - **تک‌لپه‌ای‌ها**
          - مانند غلات (*گندم*، *جو* و *ذرت*) و پیاز می‌باشند.
          - ریشهٔ مغزدار دارند که مغز در بین آوندها محصور است.
          - دستجات آوندی متعدد روی دوایر متعدد در ساقه دارند.
          - در ساقهٔ آن‌ها حد بین پوست و استوانهٔ مرکزی نامشخص است.
          - ریشهٔ افشان و برگ لوله‌ای دارند.
          - دمبرگ و پهنک برگ ندارند.
          - در میانبرگ خود فقط پارانشیم اسفنجی دارند.
          - غلاف آوندی برگ آن‌ها کلروپلاست‌دار است.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها آندوسپرم‌دار و حاوی یک لپهٔ نازک می‌باشد.
          - رویان دانهٔ آن‌ها مقدار فراوانی هورمون جیبرلین می‌سازد.
        - **دولپه‌ای‌ها**
          - مانند حبوبات (*لوبیا*، *نخود* و *عدس*) می‌باشند.
          - ریشهٔ آن‌ها فاقد مغز است ولی نسبت پوست زیادی دارد.
          - ساقهٔ مغزدار به همراه دستجات آوندی روی یک دایره دارند.
          - پهنک و دمبرگ دارند.
          - در میانبرگ خود به سمت روپوست زبرین پارانشیم نرده‌ای و به سمت روپوست زیرین، پارانشیم اسفنجی دارند.
          - غلاف آوندی آن‌ها معمولاً کلروپلاست ندارد.
          - ساقه و ریشهٔ آن‌ها پوست مشخص دارند.
          - برخی از آن‌ها کامبیوم و رشد پسین قطری دارند.
          - اغلب از گیاهان C_3 هستند.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها فاقد آندوسپرم است.
          - دانهٔ رسیدهٔ آن‌ها دو لپهٔ قطور برای ذخیره و انتقال غذا به رویان دارد.
          - توسط برخی ترکیبات اکسینی از بین می‌روند.
        - **ویژگی مشترک و منحصر به‌فرد آن‌ها**
          - در برش عرضی ریشه، ساقه و برگ خود، سه سامانهٔ بافتی یا سه بخش پوششی، زمینه‌ای و آوندی دارند.
          - بیشترین گونهٔ گیاهی را دارند.
          - گل اندام زایشی آن‌هاست.
          - گامت نر و ماده را در مادگی ایجاد می‌کنند.
          - در کنار آوندهای آبکش، یاخته‌های همراه دارند.
          - سانتریول و گامت متحرک ندارند.
          - لقاح مضاعف و کیسهٔ رویانی دارند.
          - دانهٔ آن‌ها رویش روزمینی یا زیرزمینی دارند.
          - آوندهای چوبی تراکئیدی و عنصر آوندی دارند.

گفتار ۱

تولیدمثل غیرجنسی نهاندانگان (رویشی)

- این تولیدمثل با استفاده از بخش‌های **رویشی**، مثل ساقه، ریشه و برگ صورت می‌گیرد.
- در این تولیدمثل میوز نقشی ندارد و تنوع محصولات فقط در اثر جهش ایجاد شده است.

توسط بخش‌های تخصص نیافته برای تولیدمثل رویشی

ریشه
- **جوانه‌های** روی ریشهٔ درخت آلبالو
- در یک ریشهٔ آلبالو، جوانه‌هایی دارد ← از هر جوانه یک پایه و درخت جدید ایجاد می‌شود.

قلمه زدن
- قطعاتی از **ساقه** را در خاک یا آب قرار می‌دهند.
- هر قلمه باید جوانه‌ای برای تکثیر داشته باشد.

پیوند زدن
- پیوندک ← جوانه یا شاخه‌ای است که ویژگی مطلوب مثل میوهٔ خوب دارد.
- گیاه پایه
  - پیوندک را به آن پیوند می‌زنند.
  - مقاومت به بیماری‌ها و سازگاری به خشکی و شوری دارد.
- جوانه یا شاخه دارای ویژگی مطلوب (*پیوندک*) را به پایهٔ مقاوم وصل می‌کنند.

خوابانیدن
- بخشی از **ساقه** یا **شاخه** دارای **گره** را با خاک می‌پوشانند.
- از محل گرهٔ آن، ریشه و ساقهٔ برگ‌دار ایجاد می‌شود.
- گیاه جدید را به عنوان پایهٔ جدید از گیاه مادر جدا می‌کنند.

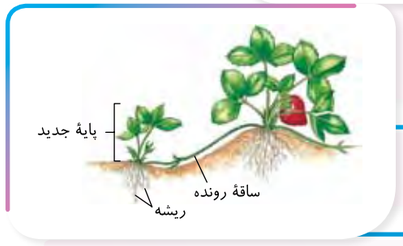
- در قلمه زدن، پیوند زدن و خوابانیدن از اندام‌های هوایی برای رویش استفاده می‌کنند.

توسط انواع ساقه‌های تخصص یافته برای تولیدمثل رویشی

زمین‌ساقه (ریزوم)
- به صورت افقی **زیر خاک** رشد می‌کند.
- همانند ساقهٔ هوایی، جوانهٔ انتهایی و جانبی دارد.
- جوانهٔ انتهایی باعث رشد افقی در زیر خاک می‌شود.
- جوانه‌های جانبی سبب ایجاد پایه‌های جدید می‌شوند.
- زنبق گیاه علفی چندساله و دارای زمین‌ساقه می‌باشد.

غده
- ساقهٔ زیرزمینی متورم و پر از ذخیرهٔ مواد غذایی می‌باشد.
- سیب‌زمینی از این نوع با جوانه‌های سطحی است.
- هر **جوانهٔ** سطحی روی غدهٔ سیب‌زمینی به یک **گیاه** تبدیل می‌شود.
- برای تکثیر، هر غده را به قطعه‌های جوانه‌دار تقسیم کرده و در خاک می‌کارند.

پیاز
- از دو قسمت ساقهٔ زیرزمینی **کوتاه تکمه**مانند و برگ‌های خوراکی متصل به آن تشکیل شده است.
- ساقه و برگ‌های خوراکی آن زیر خاک قرار دارند.
- پیاز خوراکی، نرگس و لاله از این گروه می‌باشند.
- دانه‌ای تک‌لپه با رویش **روزمینی** دارد.
- از هر پیاز، تعدادی پیاز کوچک تشکیل می‌شود ← هر **پیاز کوچک** خاستگاه **یک گیاه** می‌شود.



ساقهٔ رونده
- رشد افقی **روی خاک** دارد.
- در توت‌فرنگی دیده می‌شود ← در محل **گره‌ها** توت‌فرنگی‌های جدید ایجاد می‌شوند.

فن کشت‌بافت

- برای تولید گیاهانی با ویژگی‌های مطلوب و به صورت انبوه در آزمایشگاه استفاده می‌شود.
- از یاخته یا قطعات یاخته‌ای با قدرت میتوز (*مریستمی یا پرانشیمی*) در محیط کشت استفاده می‌شود.
- محیط کشت کاملاً سترون و دارای مواد مورد نیاز برای رشد و نمو گیاه است.
- با تقسیم یاخته، ابتدا توده‌ای تمایز نیافتهٔ یاخته‌ای به نام **کال** ایجاد می‌شود.
- کال، مریستمی است که می‌تواند ضمن تمایز به گیاهی تبدیل شود که ژن‌های یکسانی با گیاه مطلوب اولیه دارد.

گفتار ۲

- اندام‌های نهاندانگان
  - اندام‌های رویشی ← ریشه، ساقه، برگ، دمبرگ، شاخه
  - اندام‌های زایشی ← گل، میوه، دانه

- گل
  - ساختاری اختصاصی برای تولیدمثل جنسی ویژهٔ نهاندانگان است.
  - اجزای آن روی بخشی **وسیع** به نام نهنج قرار دارند که ممکن است صاف، برآمده یا گرد باشد ← نهنج منشأ **میوهٔ کاذب مثل سیب** می‌باشد.
  - **اجزا یا حلقه‌های گل کامل**
    - **کاسبرگ‌ها**
      - خارجی‌ترین حلقهٔ گل می‌باشد (*حلقهٔ اول ر*).
      - اغلب سبز و سبزدیسه‌دار است.
    - **گلبرگ‌ها**
      - به سمت داخل کاسبرگ است (*حلقهٔ دوم ر*).
      - معمولاً به رنگ‌های مختلف دیده می‌شود ← سبب جلب توجه جانوران گرده‌افشان می‌شود.
      - در برخی گیاهان مثل آلبالو جدا از هم ولی در برخی مثل کدو به هم متصل می‌باشند.
    - **پرچم‌ها**
      - حلقهٔ سوم می‌باشد که اندام جنسی نر هستند.
      - دو قسمت دارد
        - بساک ← بخش پهن محل تولید گردهٔ نارس و رسیده می‌باشد.
        - میله ← پایه‌ای برای اتصال بساک به نهنج می‌باشد.
      - گامت نر (*اسپرم*) در آن ایجاد نمی‌شود.
    - **مادگی**
      - حلقهٔ چهارم یا داخلی‌ترین حلقهٔ گل می‌باشد که اندام جنسی مادهٔ گیاه است.
      - محل تولید گامت نر (*اسپرم*) و گامت ماده (*تخم‌زا*) می‌باشد.
      - از یک یا چند برچه تشکیل شده است.
      - در مادگی‌های چندبرچه‌ای ممکن است در برخی مثل پرتقال فضای آن با دیوارهٔ برچه‌ها از هم جدا شده باشند.
      - هر برچهٔ آن
        - واحد ساخت مادگی است.
        - اجزای هر برچه
          - کلاله ← بخش پهن بالای برچه برای گرفتن دانهٔ گرده است.
          - خامه
            - کلاله را به تخمدان متصل می‌کند.
            - لولهٔ گرده و اسپرم‌ها در آن ایجاد می‌شود.
          - تخمدان
            - بخش حجیم انتهای برچه است.
            - منشأ میوهٔ حقیقی مثل میوهٔ هلو می‌باشد.
            - تخمک‌ها در آن ایجاد می‌شوند.
            - محل لقاح گامت‌ها و تولید دانه می‌باشد.
  - **انواع گل**
    - **بر حسب تعداد حلقه‌ها**
      - **گل کامل**
        - هر چهار حلقه را دارد (*گل آلبالو*).
        - دوجنسی است و حاوی پرچم و مادگی می‌باشد.
      - **گل ناکامل**
        - هر چهار حلقه را ندارد.
        - می‌تواند تک‌جنسی یا دوجنسی باشد.
    - **بر حسب انواع اندام جنسی**
      - **گل تک‌جنسی**
        - مثل گل کدو می‌باشد.
        - یا پرچم و یا مادگی را به عنوان داخلی‌ترین حلقه دارد.
        - گل کدو
          - کاسبرگ سبز و گلبرگ‌های متصل به هم زرد دارد.
          - گل نر
            - گامت نر و ماده ایجاد نمی‌کند.
            - گردهٔ نارس و رسیده تولید می‌کند.
            - پرچم داخلی‌ترین حلقهٔ آن است.
          - گل ماده
            - داخلی‌ترین حلقهٔ آن مادگی است.
            - گامت نر و ماده در آن ایجاد می‌شود.
      - **گل دوجنسی**
        - مثل گل گیاه آلبالو است.
        - هم پرچم و هم مادگی (*داخلی‌ترین حلقه*) دارد.
        - ممکن است چهارحلقه‌ای کامل باشد.
        - ممکن است ناکامل باشد و فاقد کاسبرگ یا گلبرگ یا هر دو باشد.

«گل در گیاه آلبالو»

انواع گامت نر (اسپرم) در گیاهان

حاوی وسیلهٔ حرکتی
- در خزه‌گیان و سرخس‌ها دیده می‌شود و تاژک دارد.
- در قطره‌های آب یا رطوبت سطح گیاه شنا می‌کند تا به گامت ماده برسد.
- نیازی به لولهٔ گرده برای رسیدن به گامت ماده ندارد.

فاقد وسیلهٔ حرکتی
- در گیاهان دانه‌دار و گل‌دار دیده می‌شود ← تاژک و وسیلهٔ حرکتی ندارند.
- پس از گرده‌افشانی و از میتوز یاختهٔ زایشی درون لولهٔ گرده ایجاد می‌شوند.
- برای لقاح و رسیدن به گامت ماده به آب سطحی نیازی ندارند.

مراحل تولید گردهٔ رسیده در پرچم گیاهان گل‌دار

هر بساک ← تعدادی کیسهٔ گرده دارد ← هر کیسهٔ گرده تعدادی یاختهٔ دیپلوئید (مثلاً Aa) مولد گرده دارد. ← هر یاختهٔ دیپلوئید (Aa) قدرت میوز دارد و ۴ گردهٔ نارس و سپس ۴ گردهٔ رسیده ایجاد می‌کند.

یاختهٔ ۲n

میوز:
- گردهٔ نارس A ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای A
- گردهٔ نارس A ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای A
- گردهٔ نارس a ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای a
- گردهٔ نارس a ← میتوز + تغییرات در دو دیواره ← گردهٔ رسیدهٔ دوهسته‌ای a

گرده‌های نارس

دانه‌های گردهٔ رسیده

هر چهار گردهٔ رسیده یک یاختهٔ کوچک زایشی و یک یاختهٔ بزرگ رویشی به همراه دو دیواره دارد.

شکفتن بساک و گرده‌افشانی

«گردهٔ رسیدهٔ نهاندانگان»
- دیوارهٔ خارجی گردهٔ رسیده: قطعاً منفذدار است. / ممکن است صاف یا دارای تزئینات باشد.
- دیوارهٔ داخلی صاف
- یاختهٔ هاپلوئید کوچک زایشی ← پس از گرده‌افشانی ← میتوز کرده ← دو اسپرم مشابه می‌سازد ← یا هردو a / یا هردو A
- یاختهٔ هاپلوئید بزرگ رویشی ← با رویش خود و بدون میتوز، لولهٔ گرده را پس از گرده‌افشانی در کلاله و خامه ایجاد می‌کند.
- ژنوتیپ دو هستهٔ هاپلوئید درون هر گردهٔ رسیده قطعاً مشابه هم می‌باشد ← یا هردو a هستند. / یا هردو A هستند.

مراحل تولید گامت ماده (تخم‌زا) و کیسهٔ رویانی در مادگی گل

تخمدان متورم هر برچه ← تعدادی تخمک دارد ← هر تخمک جوان
- دو پوسته یا پوشش دولایه‌ای دارد که یاخته‌های دیپلوئید دارد (مثلاً Aa).
- درون پوسته‌ها، بافتی به نام خورش با یاخته‌های دیپلوئید دارد (مثلاً Aa). ← در هر تخمک ← یکی از یاخته‌های بافت خورش (Aa)

بزرگ می‌شود و میوز می‌کند. ← چهار هستهٔ هاپلوئید به وجود می‌آورد.
- سه یاختهٔ هاپلوئید آن می‌میرد.
- یاختهٔ بزرگ‌تر و داخلی‌تر هاپلوئید باقی می‌ماند (مثلاً A)

یاختهٔ باقی‌مانده سه مرحله میتوز می‌کند ← یک کیسهٔ رویانی با ۸ هستهٔ هاپلوئید (A) در تخمک ایجاد می‌کند

یکی از یاخته‌ها تک‌هسته‌ای گامت ماده یا تخم‌زا می‌باشد (A).
یکی از یاخته‌ها دوهسته‌ای است که AA می‌باشد.

یاختهٔ دو هسته‌ای
تخم‌زا

یاختهٔ باقی‌مانده
سه یاخته در حال از بین رفتن

چهار یاخته

تخمک
یاختهٔ ۲n از بافت خورش

گرده‌افشانی

- با شکفتن بساک و رها شدن گرده‌های رسیده صورت می‌گیرد.
- به انتقال گردهٔ رسیده از بساک به کلاله گرده‌افشانی می‌گویند.
- دانهٔ گردهٔ رسیده به وسیلهٔ باد، آب و جانوران در محیط پراکنده می‌شود یا در همان گل خودلقاحی می‌کند.

گرده‌افشان‌ها

- **جانورانی** هستند که گرده‌ها را از یک گل به گل دیگر می‌برند.
- پیکر آن‌ها هنگام تغذیه به دانه‌های گردهٔ رسیده آغشته می‌شود.
- رنگ‌های درخشان، بوهای قوی و شهد گل، عوامل محرک برای جلب توجه این جانوران می‌باشد.

زنبورهای عسل

- گل‌هایی که شهد آن‌ها قند فراوان دارند را می‌افشانند.
- گیرندهٔ فرابنفش در چشم مرکب خود دارند.
- پرتو فرابنفش بازتاب شده از گل‌ها را گرفته و به سوی آن‌ها می‌روند.
- اغلب زنبورهای کارگر ماده هستند که در اثر لقاح ایجاد شده‌اند ولی خود آن‌ها در لقاح شرکت نمی‌کنند.

خفاش‌ها

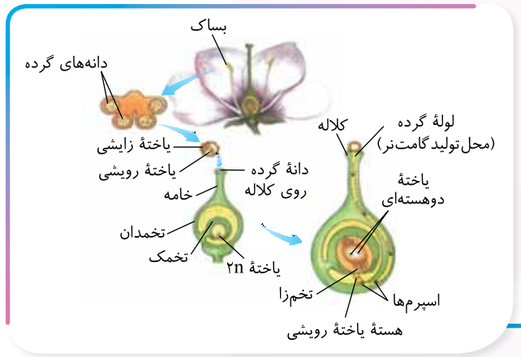
- پستاندارانی هستند که برخی رفتار دگرخواهی با گروه همکاری دارند.
- گل‌های سفیدی که در شب باز هستند را می‌افشانند.

گرده‌افشانی با باد

- مخصوص گیاهانی است که تعداد فراوانی گل کوچک دارند (*مانند بلوط*).
- فاقد رنگ‌های درخشان، بوهای قوی و شیره هستند.

لقاح و تولید گامت در نهاندانگان

- پس از گرده‌افشانی ← قرارگیری گردهٔ رسیده روی کلاله ← در صورت پذیرش کلاله (*هم‌گونه‌پذیری و ناسازگاری*) ← تمایز یاختهٔ رویشی دانهٔ گرده ← ایجاد لولهٔ گرده و نفوذ آن در کلاله و خامه
- درون لولهٔ گرده ← هستهٔ زایشی هاپلوئید گرده (A) ← (میتوز می‌کند) دوتا اسپرم مشابه (a) می‌سازد ← هردو توانایی لقاح دارند و وارد کیسهٔ رویانی می‌شوند.
- گامت نر نهاندانگان درون لولهٔ گرده ایجاد می‌شود ولی لولهٔ گرده در برچه (*قسمت خامه*) ایجاد شده است.
- گامت نر نهاندانگان در کیسهٔ گرده و پرچم یا بساک ایجاد نمی‌شود.
- هر تخمک رسیده حاوی یک کیسهٔ رویانی می‌باشد که در اطراف کیسهٔ رویانی بقیهٔ یاخته‌های دیپلوئید خورش واقع هستند.
- دور هر کیسهٔ رویانی و پارانشیم‌های خورش اطراف آن، دو پوستهٔ تخمک با یاخته‌های دیپلوئید وجود دارند.
- در هر کیسهٔ رویانی تعدادی یاخته وجود دارد که دو یاختهٔ آن قدرت لقاح دارد
  - یاختهٔ تخم‌زای هاپلوئید (a)
  - یاختهٔ دوهسته‌ای با دو هستهٔ هاپلوئید مشابه (aa)
- فرض کنید گل نر با ژنوتیپ AA و گل ماده با ژنوتیپ aa باشد.



لقاح مضاعف نهاندانگان

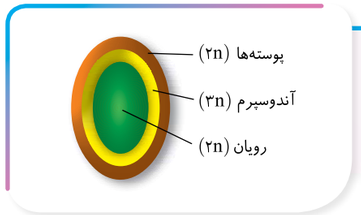
- اسپرم ($A=n$) + تخم‌زا ($a=n$) ← تخم اصلی ($Aa=2n$) ← (میتوز) منشأ رویان، لپه و گیاه اصلی می‌شود.
- اسپرم ($A=n$) + یاختهٔ دوهسته‌ای ($aa=2n$) ← تخم ضمیمه ($Aaa=3n$) ← (میتوز)
  - بافت $3n$ درون دانه (*آندوسپرم*) می‌سازد.
  - یاخته‌های نرم‌آکنه‌ای دارد.
  - ذخیرهٔ غذای رویان می‌باشد.

- در کیسهٔ رویانی، پنج هسته در لقاح مضاعف شرکت می‌کنند
  - دو هسته از دو اسپرم
  - سه هسته از دو یاختهٔ کیسهٔ رویانی
- انواع آندوسپرم (*درون دانه*)
  - اگر میتوز تخم ضمیمه بدون تقسیم سیتوپلاسم باشد ← بافت غذایی مایع مثل شیر نارگیل می‌سازد.
  - اگر میتوز آن با تقسیم سیتوپلاسم باشد ← بخش گوشتی جامد و سفید نارگیل را می‌سازد.

دو مثال از ژنتیک گیاهی

بخش‌های دانهٔ اولیهٔ هر نهاندانه

- دو پوسته که از یاخته‌های ($2n$) تخمک حاصل شده است ← ژنوتیپ والد یا گل ماده را دارد.
- رویان و لپه یا لپه‌های آن ← از میتوز تخم اصلی $2n$ ایجاد شده است.
- اندوختهٔ اولیه یا درون دانه (*آندوسپرم*)
  - از میتوز تخم ضمیمه $3n$ ایجاد شده است.
  - یک الل از والد نر و دو الل مشابه از والد ماده دارد.



مثال (۱)

اگر ژنوتیپ گل نر به صورت *aaBB* و گل ماده به صورت *Aabb* باشد، به سؤالات زیر پاسخ دهید:

الف) انواع ژنوتیپ‌های گردهٔ نارس، هستهٔ زایشی، هستهٔ رویشی و اسپرم‌ها ← همگی یک نوع *aB* می‌شوند.

والد نر *aaBB* ←(میوز) یک نوع گردهٔ نارس (*aB*) ←(میتوز) گرده‌های رسیده *aB*
- هستهٔ رویشی *aB*
- هستهٔ زایشی *aB* ←(میتوز) اسپرم *aB*، اسپرم *aB*

ب) انواع ژنوتیپ‌های ممکن برای تخم‌زا و یاختهٔ دوهسته‌ای را بنویسید:

گل ماده *Aabb* ←(میوز خورش)
- *Ab* ←(میتوز) کیسهٔ رویانی با هسته‌های *Ab*: تخم‌زای آن *Ab*، یاختهٔ دوهسته‌ای آن *AAbb*
- *ab* ←(میتوز) کیسهٔ رویانی با هسته‌های *ab*: تخم‌زای آن *ab*، یاختهٔ دوهسته‌ای آن *aabb*

ج) انواع دانه‌های حاصل با ژنوتیپ پوسته، رویان و آندوسپرم آن‌ها را بنویسید:

۱) لقاح مضاعف اسپرم‌های *aB* در کیسهٔ رویانی حاوی هسته‌های *Ab*:

اسپرم *aB* + تخم‌زای *Ab* ← تخم اصلی $2n$ ← *AaBb* (*رویان*)

اسپرم *aB* + یاختهٔ دوهسته‌ای *AAbb* ← تخم ضمیمهٔ $3n$ ← *AAaBbb* (*آندوسپرم*)

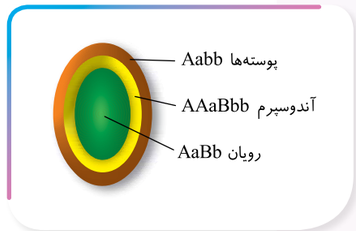
پوستهٔ آن همواره ژنوتیپ گل مادهٔ *Aabb* را دارد.

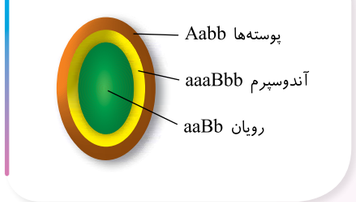
۲) لقاح مضاعف بین اسپرم‌های *aB* در کیسهٔ رویانی حاوی هسته‌های *ab*:

اسپرم *aB* + تخم‌زای *ab* ← تخم اصلی *aaBb* (*رویان*)

اسپرم *aB* + یاختهٔ دوهسته‌ای *aabb* ← تخم ضمیمهٔ *aaaBbb* (*آندوسپرم*)

پوستهٔ دانهٔ آن باز هم ژنوتیپ گل مادهٔ *Aabb* را دارد.





مثال (۲)

اگر ژنوتیپ آندوسپرم نارگیل به صورت *AaaBBBDDd* باشد، ژنوتیپ اسپرم، تخم‌زا، یاختهٔ دوهسته‌ای و تخم اصلی یا رویان آن چیست؟

نکته: در هر صفت مثل *Aaa*، اللی که با بقیه متفاوت است، مربوط به اسپرم (*A*) و دو الل مشابه دیگر (*aa*) مربوط به یاختهٔ دوهسته‌ای است.

AaaBBBDDd
- اسپرم (n) ← *ABd*
- تخم‌زا (n) ← *aBD*

(از لقاح آن‌ها تخم اصلی *AaBBDd* به وجود می‌آید.)

- یاختهٔ دوهسته‌ای ← *aaBBDD* (*همواره در همهٔ صفات خالص است.*)
- رویان و تخم اصلی ← *AaBBDd*

گفتار ۳

رویان دانه‌ها

- تخم اصلی $2n$ ← درون کیسهٔ رویانی ابتدا یک میتوز با تقسیم سیتوپلاسم نامساوی می‌کند و دو یاختهٔ بزرگ و کوچک ایجاد می‌کند.
- تخم اصلی $2n$ ←(میتوز) دو هستهٔ $2n$ ایجاد می‌کند ← تقسیم سیتوپلاسم نامساوی
  - یاختهٔ کوچک‌تر ← منشأ رویان و گیاه اصلی می‌شود.
  - یاختهٔ بزرگ‌تر ← بخش ارتباط دهندهٔ رویان و مادر را ایجاد می‌کند.

اجزای رویان

- ساقهٔ رویانی ← انتهای بالایی رویان می‌باشد که زمینه‌ساز اندام‌های هوایی می‌شود.
- یک یا دو لپه
  - مشخص‌ترین بخش رویان می‌باشند.
  - در غلات، یک عدد و در حبوبات دو عدد وجود دارند.
  - وظیفهٔ انتقال مواد غذایی به سایر بخش‌های رویان را دارند.
  - به لپه‌ها، برگ‌های رویانی نیز می‌گویند چون در بسیاری از گونه‌ها از خاک خارج شده و به مدت کوتاهی فتوسنتز می‌کنند.
- ریشهٔ رویانی ← انتهای پایینی رویان است که زمینه‌ساز تشکیل ریشهٔ گیاه می‌شود.

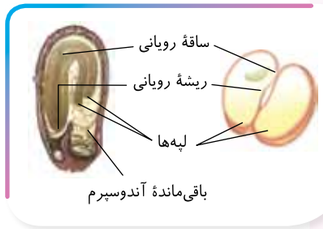
انواع دانهٔ رسیدهٔ نهاندانگان

الف) دانهٔ رسیدهٔ آندوسپرم‌دار ($3n$دار)

- در غلات (*گندم و ذرت*) دیده می‌شود.
- در این دانه‌ها یاختهٔ اندوخته‌دار همان یاخته‌های $3n$ آندوسپرمی می‌باشند.
- لپهٔ آن‌ها نازک می‌باشد.
- لپهٔ آن‌ها وظیفهٔ انتقال مواد مغذی از آندوسپرم به رویان دارد.
- لپهٔ آن‌ها به ذخیرهٔ مواد مغذی نمی‌پردازد.
- این دانه‌های رسیده یاخته‌های
  - دیپلوئید پوسته و رویان دارند.
  - تریپلوئید آندوسپرمی دارند.

ب) دانهٔ رسیدهٔ فاقد آندوسپرم (*خفّد* $3n$)

- در حبوبات (*لوبیا*، *نخود* و *عدس*) دیده می‌شود.
- مواد آندوسپرمی جذب لپه‌ها شده‌اند.
- دو لپهٔ قطور با قدرت ذخیرهٔ مواد غذایی دارند.
- لپه‌های آن‌ها هم ذخیره و هم انتقال غذا به رویان دارند.
- این دانه‌ها فقط یاخته‌های دیپلوئید پوسته و رویان دارند.
- باقی‌ماندهٔ آندوسپرم آن‌ها در حال از بین رفتن می‌باشد.
- در اغلب موارد لپه‌های آن‌ها از خاک خارج می‌شوند
  - لپه‌ها برگ رویانی هستند.
  - مدت کوتاهی فتوسنتز می‌کنند.



در هر نوع دانهٔ رسیده

- پوسته‌های دانه ← همان پوسته‌های تخمک از والد ماده می‌باشند.
- لپه و رویان ← یاخته‌های حاصل از میتوز تخم اصلی می‌باشند.
- یاختهٔ اندوخته‌دار
  - در آندوسپرم‌دارها (*ذرت*) ← یاختهٔ $3n$ حاصل از تخم ضمیمه می‌باشد.
  - در بدون آندوسپرم‌ها (*لوبیا*) ← یاختهٔ اندوخته‌دار همان یاختهٔ $2n$ لپه‌ها است.

رویش دانه‌ها

- پوستهٔ دانه سخت است و رویان را در برابر شرایط نامساعد محیط و صدمات مختلف حفظ می‌کند.
- پوستهٔ دانه، با جلوگیری از ورود آب و اکسیژن به دانه، مانع از رشد **سریع** رویان می‌شود.
- بعد از تشکیل رویان (*در اثر تقسیم یاختهٔ کوچک* $2n$) ← رشد رویان تا مدتی متوقف می‌شود.
- رویان در شرایط مناسب و به کمک هورمون **جیبرلین**، رشد خود را از سر می‌گیرد.
- به گیاه کوچکی که از رشد رویان از دانه خارج می‌شود، **دانهٔ رست** می‌گویند.
- مشاهدهٔ دانهٔ رست به معنی رویش یافتن دانه می‌باشد.
- دانه برای رویش به آب، اکسیژن و دمای مناسب نیاز دارد.
- جذب آب توسط دانه ← متورم شدن ← شکفتن پوسته ← رسیدن O_2 کافی به رویان
  - استفاده از ذخایر غذایی
  - افزایش تنفس هوازی
  - شروع رشد دانه و دانهٔ رست
- در دانهٔ رست
  - رشد مریستم ساقه ← ایجاد سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی ساقه می‌دهد.
  - رشد مریستم ریشه ← ایجاد سه سامانهٔ پوششی، زمینه‌ای و آوندی ریشه می‌دهد.
- گیاهان گل‌دار بعد از مدت زمانی از رشد رویشی به تولید گل، میوه و دانه یا همان رشد زایشی می‌پردازند.
- انواع دانه‌ها از نظر رویش
  - الف) رویش روزمینی
    - در دانهٔ دولپه‌ای لوبیا و تک‌لپه‌ای پیاز دیده می‌شود.
    - ابتدا ریشه و سپس ساقه از زیر پوستهٔ دانه خارج می‌شود.
    - لپه‌ها در خارج خاک سبز و فتوسنتزکننده‌اند.
    - لپه‌ها پس از مدتی خشک می‌شوند.
  - ب) رویش زیرزمینی
    - در دانهٔ ذرت تک‌لپه‌ای و نخود دولپه‌ای دیده می‌شود.
    - ریشه از زیر لپه و ساقه از بالای لپه خارج می‌شود.
    - لپه از خاک خارج نمی‌شود و فتوسنتز نمی‌کند.
    - رشد ساقه و ریشه همواره از دو طرف دانه می‌باشد.

میوه

- تخمک به دانه تبدیل می‌شود ولی میوه از رشد و نمو بقیهٔ قسمت‌های گل ایجاد می‌شود.
- میوهٔ حقیقی ← همیشه از رشد **تخمدان** ایجاد می‌شود (*مثال میوهٔ هلو*).
- میوهٔ کاذب ← از قسمتی از گل به غیر از تخمدان حاصل می‌شود ← میوهٔ کاذب سیب از نهنج ایجاد می‌شود.
- در میوهٔ کاذب سیب
  - بخش خوراکی از نهنج ایجاد شده است.
  - تخمدان و تخمک‌ها در وسط میوه به صورت نازک قرار دارند.
- در میوهٔ حقیقی هلو ← محدودهٔ دیوارهٔ تخمدان هم شامل بخش خوراکی و هم بخش چوبی ضخیم اطراف دانه می‌شود.

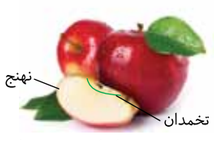
پراکنش میوه‌ها

- میوه‌ها در حفظ دانه‌ها و پراکندگی آن‌ها مؤثرند.
- برخی میوه‌ها با چسبیدن به پیکر جانوران با آن‌ها جابه‌جا می‌شوند.
- باد، آب و جانوران علاوه بر گرده‌افشانی در جابه‌جا کردن میوه و دانه‌ها نیز نقش دارند.
- میوهٔ نارس **معمولاً** مزهٔ ناخوشایند دارد
  - در نتیجه توسط جانوران خورده نمی‌شود.
  - زمان لازم برای حفظ دانه‌های خود را دارد.
- هورمون **اتیلن** با زودرس کردن میوه‌ها، مدت نگهداری دانه توسط آن‌ها را کم می‌کند.
- جانوران با خوردن میوهٔ رسیده ← سبب آزاد شدن دانهٔ آن‌ها می‌شوند ← سبب پراکنش گیاه می‌شوند.
- پوستهٔ سخت برخی **دانه‌ها**، سبب محافظت آن‌ها در برابر شیرهٔ گوارشی می‌شود.
- رنگ‌های درخشان میوهٔ رسیده، جانوران را به خود جذب می‌کنند.
- هورمون اکسین و جیبرلین در درشت کردن میوه‌ها و تشکیل میوهٔ بی‌دانه نقش دارند.

میوه‌های بدون دانه

- اگر تخم اصلی و دانه تشکیل نشود
  - اکسین و جیبرلین در این عمل نقش دارند.
  - میوهٔ بی‌دانه ایجاد می‌شود (*مانند پرتقال بی‌دانه*).
- اگر لقاح صورت بگیرد ← تخم اصلی تشکیل شود ← ولی رویان قبل از تکمیل مراحل رشد، بمیرد ← دانه‌های نارس ریز با پوستهٔ نازک ایجاد می‌شوند ← به آن‌ها نیز میوهٔ بی‌دانه گفته می‌شود (*مثال برخی موزها که بی‌دانه هستند*).

«میوه درخت هلو حاصل رشد تخمدان است.»



«میوه درخت سیب حاصل رشد نهنج است.»

- **طول عمر گیاهان نهاندانه**
  - از چند روز تا چند قرن می‌باشد.
  - **معمولاً** طول عمر درختان دولپه‌ای که رشد پسین و کامبیوم دارند از علفی‌ها بیشتر است.
  - **گیاهان یک‌ساله**
    - در مدت یک‌سال یا کمتر رشد رویشی و زایشی خود را تکمیل می‌کنند.
    - پس از تولیدمثل و گل‌دهی از بین می‌روند.
    - گیاه گندم و خیار، نهاندانهٔ یک‌ساله هستند.
    - همهٔ این گیاهان علفی هستند و کامبیوم و رشد پسین ندارند.
  - **گیاهان دوساله**
    - این گیاهان در سال اول فقط رشد رویشی دارند ← ریشه، ساقه و برگ ایجاد می‌کنند.
    - شلغم و چغندرقند از این گروه می‌باشند ← رنگ چغندر به دلیل آنتوسیانین درون کریچه‌های ریشهٔ آن است.
    - این گیاهان در سال اول، مواد غذایی حاصل از فتوسنتز را در ریشهٔ خود ذخیره می‌کنند.
    - در سال دوم علاوه بر رشد رویشی با مصرف مواد درون ریشه، ساقهٔ گل‌دهنده ایجاد می‌کنند.
    - در سال دوم گل می‌دهند (*یک‌بار گل می‌دهند*) ولی دو سال رشد رویشی دارند.
    - ریشهٔ آن‌ها
      - در سال اول نوعی اندام مصرف می‌باشد که مواد آلی را ذخیره می‌کند.
      - در سال دوم نوعی اندام منبع است که مواد آلی را از خود خارج می‌کند.
    - همهٔ این گیاهان علفی هستند و اغلب فاقد کامبیوم و رشد پسین می‌باشند.
  - **گیاهان چندساله**
    - چندسالهٔ علفی
      - برخی مثل زنبق هستند که زمین‌ساقه‌ای در خاک حاوی جوانه دارد.
      - برخی از آن‌ها هر سال گل، دانه و میوه می‌دهند.
      - سال‌ها به رویش خود ادامه می‌دهند.
    - چندسالهٔ چوبی
      - دولپه‌ای‌های درختی و درختچه‌ای هستند.
      - کامبیوم و رشد پسین قطری دارند.
      - ممکن است حتی تا چند قرن زندگی کنند.
      - سال‌ها رشد رویشی و گل‌دهی دارند.

گفتار ۱

تاریخچه

آزمایش داروین

- اولین‌بار داروین و پسرش، نورگرایی دانهٔ رست نوعی گیاه از گندمیان را بررسی کردند.
- ۱) متوجه شدند که دانهٔ رست در صورتی که نور یک‌جانبه به نوک آن برخورد کند، به سمت نور خم می‌شود.
- ۲) وقتی روی نوک ساقهٔ آن پوشش مات قرار دادند، به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی ندادند.
- ۳) وقتی روی نوک ساقهٔ آن پوشش **شفاف** قرار دادند، به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی دادند.
- ۴) وقتی پوشش مات را در منطقهٔ زیر نوک دانهٔ رست قرار دادند، دیدند ساقه به نور یک‌طرفه پاسخ خمشی داد.

آزمایش پس از داروین

- فهمیدند، عامل خم شدن دانهٔ رست به سمت نور، ماده‌ای است که در نوک آن ساخته می‌شود.
- نوک دانهٔ رست رشد کرده در نور را جدا کردند و روی قطعه‌ای از آگار قرار دادند.
- آگار حاوی مادهٔ درون نوک دانهٔ رست را روی ساقهٔ بدون نوک قرار دادند ← سبب رشد ساقهٔ آن شد.
- آگار حاوی ماده را در هر لبه‌ای از نوک دانهٔ رست قرار می‌دادند ← دانهٔ رست به سمت مقابل خمش می‌یافت.
- دانهٔ رست به دلیل اختلاف اندازهٔ یاخته‌های دو طرف آن خمش می‌یابد.
- رشد طولی یاخته‌هایی که در سمت سایه قرار دارند، بیشتر از یاخته‌های سمت نوردیده می‌باشد.
- نور یک‌جانبه سبب حرکت مادهٔ خمش‌دهنده از سمت نوردیده به سمت نورندیده می‌شود.
- مادهٔ خمش‌دهنده را **اکسین** به معنی رشد کردن نامیدند که انواع مختلفی دارد.
- نور
  - همه‌جانبه ← رشد دانهٔ رست بدون خمش صورت می‌گیرد ← اکسین در دو طرف مساوی است.
  - یک‌جانبه ← تراکم بیشتر اکسین در سمت نورندیده ← رشد طولی بیشتر سمت نورندیده ← خمش نوک دانهٔ رست

تنظیم‌کننده‌های رشد (هورمون‌های گیاهی)

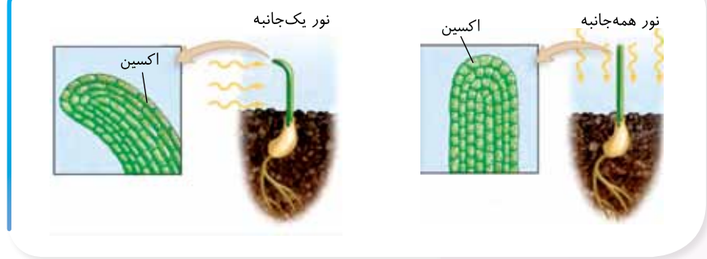
- به رشد جهت‌دار اندام‌های گیاه در پاسخ به نور یک‌جانبه **نورگرایی** می‌گویند.

- انواع
  - محرک رشد
    - تحریک تقسیم و رشد طولی یاخته می‌دهند.
    - ایجاد و حفظ اندام‌ها را سبب می‌شوند.
    - اکسین‌ها، جیبرلین‌ها و سیتوکینین‌ها هستند.
    - برحسب مقدار و محل اثر می‌توانند نقش بازدارندگی داشته باشند.
  - بازدارندهٔ رشد
    - آبسیزیک اسید و اتیلن
    - در مقاومت در شرایط سخت، رسیدن و ریزش میوه و برگ نقش دارند.

الف) تنظیم‌کننده‌های محرک رشد

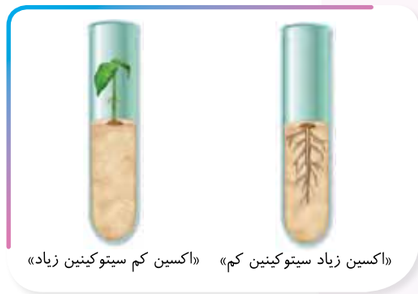
اکسین‌ها

۱) با افزایش رشد **طولی** یاخته ← سبب افزایش طول **ساقه** می‌شود.
۲) ریشه‌زایی را تحریک می‌کند و برای تکثیر رویشی قلمه‌ها استفاده می‌شود.
۳) هرچه مقدار اکسین بیشتر شود، رشد ریشه و انشعابات آن بیشتر می‌شود.
۴) با جلوگیری از لقاح نهاندانگان سبب تولید میوهٔ بدون دانه می‌شود.
۵) با افزایش رشد تخمدان‌ها، سبب درشت کردن میوه‌ها می‌شود.
۶) برخی از ترکیبات آن گیاهان **دولپه‌ای** را نابود می‌کند ← از آن‌ها برای ساخت سموم کشاورزی برای از بین بردن گیاهان خودرو در مزارع استفاده می‌کنند.
۷) در جوانهٔ رأسی ساقه ساخته شده و سبب چیرگی رأسی می‌شود.
۸) عامل نارنجی
- مخلوطی از اکسین‌ها بود ← اثرات ضد گیاهان دولپه‌ای خودرو دارد.
- سرطان‌زا می‌باشد و شیوع تولد نوزاد با نقص مادرزادی را زیاد می‌کند.



سیتوکینین‌ها (هورمون جوانی)

۱) تحریک تقسیم یاخته می‌دهد ← پیر شدن اندام‌های **هوایی** گیاه را به تأخیر می‌اندازد.
۲) افشانهٔ آن‌ها سبب تازه نگه‌داشتن برگ و گل‌ها می‌شود.
۳) هورمون ساقه‌زایی یا هورمون جوانی نامیده می‌شود.
۴) در کشت‌بافت سبب ایجاد ساقه از بخش‌های تمایز نیافته می‌شود.
۵) در جوانهٔ کناری ساخته می‌شود.



برهم‌کنش اکسین و سیتوکینین

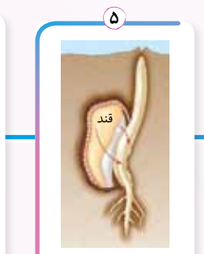
- قطع جوانهٔ رأسی ساقه (*محل تولید اکسین*) ← رشد جوانه‌های جانبی (*محل تولید سیتوکینین*)
- قطع جوانهٔ رأسی
  - افزایش تولید سیتوکینین در جوانهٔ کناری ← رشد شاخه و گل
  - کاهش مقدار اکسین در جوانهٔ کناری ← کاهش چیرگی رأسی
  - پرشاخه شدن گیاه
- نسبت اکسین به سیتوکینین
  - اگر بالا باشد ← سبب ریشه‌زایی تودهٔ تمایز نیافتهٔ کال می‌شود.
  - اگر کم باشد ← سبب ساقه‌زایی تودهٔ تمایز نیافتهٔ کال می‌شود.
- قرار دادن اکسین بر ساقه‌ای که نوک بریده دارد ← عدم رشد جوانهٔ جانبی ← اکسین از جوانهٔ رأسی به جوانهٔ جانبی می‌رود و مانع رشد شاخه و گل می‌شود.

جیبرلین‌ها

- اولین‌بار از قارچ جیبرلا پیدا شد که سبب عدم استحکام در دانهٔ رست برنج‌ها می‌شد.
- در گیاهان نیز تولید می‌شود و کنترل‌کنندهٔ رشد و فعالیت جاندار است.
- در افزایش طول ساقه، هم از طریق تقسیم یاخته و هم با رشد طولی یاخته تأثیر می‌گذارد.
- در رشد میوه و رویش دانه‌ها نقش دارد (*سبب شکستن پوستهٔ دانه می‌شود*).
- با جلوگیری از لقاح گامت‌ها سبب تولید میوهٔ بی‌دانه می‌شود (*همانند اکسین*) ← انگور بی‌دانه ایجاد می‌کند.
- با اثر بر تخمدان سبب رشد آن و درشت کردن میوه‌ها می‌شود (*همانند اکسین*).

اثر جیبرلین بر رویش بذر غلات

۱) **رویان** دانهٔ غلات در هنگام رویش دانه مقدار زیادی جیبرلین می‌سازد.
۲) جیبرلین بر **خارجی‌ترین** لایهٔ آندوسپرم (*دارای پروتئین گلوتن*) اثر می‌گذارد.
۳) تولید و رها شدن آنزیم گوارشی مثل **آمیلاز** را از لایهٔ گلوتن‌دار آندوسپرم تحریک می‌کند.
۴) آنزیم‌های گوارشی دیوارهٔ یاخته‌ها و ذخایر نشاستهٔ آندوسپرم را تجزیه می‌کنند.
۵) در نهایت سبب انتقال گلوکز از آندوسپرم به رویان می‌شوند.



آبسیزیک اسید

- در شرایط نامساعد محیطی مثل خشکی (*کمبود رطوبت جو*) ترشح می‌شود.
- با پلاسمولیز یاختهٔ نگهبان سبب بستن روزنه‌های هوایی در محیط خشک می‌شود.
- با کاهش تعرق سبب حفظ آب گیاه می‌شود.
- مانع رویش دانه و رشد جوانه‌ها در شرایط نامساعد می‌شود (*برعکس جیبرلین*).
- رشد گیاهان را در پاسخ به شرایط نامساعد، کاهش می‌دهد.
- از انباشت ساکارز، یون کلر و پتاسیم در یاختهٔ نگهبان روزنه جلوگیری می‌کند.

اتیلن

- توسط میوه‌های رسیده ترشح می‌شود و این گاز سبب رسیده شدن سریع میوه‌های نارس می‌شود.
- از سوخت‌های فسیلی رها می‌شود ← سبب ریزش برگ درختان می‌شود.
- در ریزش میوه‌ها نقش دارد.
- توسط بافت‌های آسیب‌دیدهٔ گیاهان نیز تولید می‌شود.
- توسط اکسین جوانهٔ رأسی
  - تولید هورمون اتیلن در جوانهٔ کناری زیاد می‌شود.
  - تولید سیتوکینین در جوانهٔ کناری کم می‌شود.
  - رشد شاخه، برگ و گل مهار می‌شود.

ریزش برگ

- اتیلن تولید لایهٔ جداکننده در قاعدهٔ برگ در اتصال با شاخه را تسریع می‌بخشد.
- اتیلن ← تولید لایهٔ زایندهٔ جداگر برگ ← آنزیم تجزیه‌کنندهٔ یاخته‌ها ← جدایی برگ از شاخه
- پس از ریزش برگ ← یاخته‌های شاخه در محل گره یا ریزش برگ چوب‌پنبه‌ای می‌شوند ← جوانه در مقابل عوامل محیطی محافظت می‌شوند.
- نسبت بالای اتیلن به اکسین ← زیادی آنزیم تجزیه‌کنندهٔ دیواره ← ریزش برگ‌ها

ب) بازدارنده‌های رشد

گفتار ۲

پاسخ گیاهان به نور

- ساقه به سمت نور خمش یک‌جانبه دارد ولی ریشه نورگرایی منفی دارد.
- نور در گیاهان نقش حیاتی دارد ← منبع انرژی در واکنش‌های فتوسنتزی می‌باشد.
- فرایندهای مختلفی را در گیاه تنظیم می‌کند.

گل‌دهی گیاهان برحسب نور محیط

- برخی گیاهان در فصلی خاص و برخی دیگر در همهٔ فصول گل می‌دهند.
- برای گل‌دهی گیاهان ← باید مریستم رویشی جوانهٔ آن‌ها ← (در اثر دما و طول روز و شب) ← به مریستم زایشی تبدیل شود.

گیاهان روزکوتاه (داوودی)

- به‌طور طبیعی در پاییز که روز کوتاه است ← گل می‌دهند.
- برای گل دادن به شب‌های طولانی نیاز دارند.
- زمانی گل می‌دهند که طول شب از حدی کمتر نباشد.
- با کوتاه کردن طول روز در تابستان ← گل می‌دهند.

گیاهان بی‌تفاوت

- گل دادن آن‌ها به طول روز و شب وابسته نیست.
- در هر زمانی گل می‌دهند (*مثال: گوجه‌فرنگی*).

گیاهان روزبلند (شبدر)

- به‌طور طبیعی در تابستان با روز بلند ← گل می‌دهند.
- برای گل دادن به شب‌های کوتاه نیاز دارند.
- زمانی گل می‌دهند که طول شب از حدی بیشتر نباشد.
- در پاییز با شکستن شب بلند توسط فلش نوری ← گل می‌دهند.

- پرورش‌دهندگان گل با شرایط نوری مصنوعی، سبب گل‌دهی گیاهان در همهٔ فصول می‌شوند.

پاسخ گیاه به محیط

پاسخ به دما

- درختان با کاهش سرمای زمستان، گل می‌دهند.
- سرمای شدید مانع از رویش دانه‌ها و جوانه‌ها می‌شود.
- کاهش دما در پاییز ← تولید اتیلن ↑ ← تولید لایهٔ زایندهٔ جداگر برگ ← ریزش برگ ← حفظ جوانه‌ها با پولک‌های محافظ
- بعضی گیاهان برای گل دادن ← نیاز به گذراندن یک دورهٔ سرما دارند.
- در نوعی گندم ← اگر بذر آن را مرطوب کنیم + سرما ← دورهٔ رویشی آن کوتاه می‌شود ← زودتر گل می‌دهد ← امکان بهره‌برداری از زمین‌های پوشیده از برف را می‌دهد.

پاسخ به گرانش زمین

- ساقه برخلاف گرانش زمین ← زمین‌گرایی منفی دارد.
- ریشه‌ها معمولاً در جهت گرانش زمین ← زمین‌گرایی مثبت دارند.
- زمین‌گرایی ← رشد جهت‌دار **اندام‌های** گیاه به گرانش زمین می‌باشد.

پاسخ به تماس

- پیچش ← در اثر رشد نابرابر دو طرف اندام در محل تماس ایجاد می‌شود.
- ساقهٔ درخت مو ← در تماس با درخت دیگر و یا یک پایه ← به دور آن می‌پیچد.
- در پیچش، رشد یاخته‌ها در محل تماس کمتر از سمتی است که تماس ندارد.
- در پیچش ساقهٔ مو ← بخش قرار گرفته در سمت تماس با تکیه‌گاه رشد کمتری دارد.
- ضربه زدن به برگ گیاه حساس ← تغییر فشار تورژسانس در یاخته‌های قاعدهٔ برگ ← تاخوردن برگچه‌ها روی هم
- تماس بدن حشره یا جسم خارجی با کرک‌های برگ گیاه گوشت‌خوار ← ایجاد پیام در گیاه ← بسته شدن برگ تله‌مانند گیاه (*تورپرواش*) ← به دام افتادن حشره ← جبران کمبود نیتروژن در گیاه

- **پاسخ گیاه به محیط**
  - **پاسخ‌های دفاعی گیاه**
    - **تلاش برای جلوگیری از ورود**
      - پوستک روپوست اندام‌های هوایی مانع ورود مواد خارجی می‌شود.
      - دیوارهٔ محکم یاخته‌ای عبور عوامل بیگانه را سخت می‌کند.
      - لیگنین (*چوب*) و سیلیس (*کاهش شدن*) دیواره ← سد فیزیکی در ورود مواد به گیاه می‌باشد.
      - عوامل بیماری‌زا (*رشتهٔ مارپیچ‌ها*) از راه منافذ روزنه‌ها یا فضاهای بین‌یاخته‌ای می‌توانند وارد شوند.
      - چوب‌پنبهٔ موجود در پریدرم اندام مسن سبب حفظ آب و ممانعت از ورود مواد آسیب‌رسان می‌شود.
      - خارها گیاهان را از خورده شدن به وسیلهٔ گیاه‌خواران حفظ می‌کنند.
      - کرک و مواد چسبندهٔ آن، مانع ورود عوامل بیگانه به گیاه می‌شوند.
      - برگ کرک‌دار ← ترشح مواد چسبنده ← حشره نمی‌تواند روی آن حرکت کند.
      - برخی گیاهان در پاسخ به زخم ← ترکیبات رزینی محافظ ترشح می‌کنند.
      - حشرهٔ به دام افتاده در ترکیبات دفاعی ← می‌تواند فسیل شود.
    - **دفاع شیمیایی**
      - ترکیبات سیانیددار ← در تعدادی گونهٔ گیاهی تولید می‌شوند ← تنفس یاخته‌ای گیاه‌خواران را متوقف می‌کنند.
      - آلکالوئیدها (*نیکوتین*)
        - در شیرابهٔ برخی گیاهان زیاد است ← سبب دور کردن گیاه‌خواران می‌شود.
        - سبب دفاع گیاه در برابر گیاه‌خواران می‌شود ← نیکوتین در گیاه تنباکو
        - در ساختن داروهای مسکن و ضدسرطان کاربرد دارند.
        - برخی اعتیادآورند.
      - ترکیبات دفاعی
        - اگر گیاه‌خوار را نکشد ← آن را مسموم می‌کند ← جانور با رفتار شرطی شدن فعال دیگر به سمت آن گیاه نمی‌رود.
        - با سازوکارهای متفاوتی، سبب عدم بیماری در گیاه می‌شوند.
        - ترکیباتی ایجاد می‌کنند که برای گیاه سمی نیستند.
        - ترکیب سیانیددار
          - برای گیاه سمی نیست.
          - در لولهٔ گوارش جانور تجزیه می‌شود ← سیانید آن آزاد می‌شود ← سیانید مانع تنفس یاخته‌ای در جانور می‌شود.
        - برخی گیاهان مواد سمی برای سایر گیاهان می‌سازند.
    - **مرگ یاخته‌ای**
      - نوعی پاسخ دفاعی در گیاهان است.
      - ورود ویروس به گیاه ← ایجاد فرایندهای مختلف ← مرگ یاختهٔ آلوده به ویروس و قطع ارتباط آن با یاخته‌های سالم
      - در این فرایند، یاخته توسط آنزیم‌های خود، گوارش می‌یابد.
      - برخی تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه ← مثل سالیسیلیک اسید
        - از یاختهٔ گیاهی آلوده ترشح می‌شوند.
        - سبب مرگ یاخته‌ای می‌شوند.
  - **محافظت جانوران از گیاهان**
    - **مورچه، زنبور و گیاه آکاسیا**
      - مورچه‌ها روی برگ گیاه آکاسیا زندگی می‌کنند.
      - مورچه‌ها، به حشرات، پستانداران کوچک و گیاهان دارزی حمله‌ور می‌شوند.
      - گرده‌افشانی گیاه آکاسیا وابسته به زنبورهاست.
      - وقتی **گل‌های** گیاه آکاسیا باز می‌شوند ← نوعی ترکیب شیمیایی آزاد می‌کنند ← مورچه‌ها را فراری می‌دهند ← تا زنبورها برای گل‌ها گرده‌افشانی کنند.
    - **برگ تنباکو، زنبور وحشی و نوزاد کرمی‌شکل حشره**
      - نوزاد کرمی‌شکل حشره از برگ تنباکو تغذیه می‌کند.
      - یاخته‌های آسیب‌دیدهٔ برگ تنباکو ← ترکیب فرار ایجاد می‌کند ← زنبور وحشی این ترکیبات را می‌شناسد.
      - زنبور وحشی ماده با ردیابی ترکیب فرار، روی نوزاد کرمی‌شکل حشره آمده و تخم‌گذاری می‌کند.
      - نوزادان زنبور بعد از خروج از تخم ← از نوزاد کرمی‌شکل حشره تغذیه می‌کنند ← سبب مرگ نوزاد کرمی‌شکل می‌شوند.